

Computergestützte Lernkontrollen bei der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Bernd Schmidt
aus
Marktrechwitz

Darmstadt im Juli 2009

D 17

Bibliografische Information

Diese Dissertation wird bereitgestellt von tuprints,
E-Publishing-Service der TU Darmstadt.

<http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de>

tuprints@ulb.tu-darmstadt.de

URN: urn:nbn:de:tuda-tuprints-14066

URL: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/1406>

Die Veröffentlichung steht unter folgender Creative Commons Lizenz:

Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 2.0 Deutschland



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/de/>

Referent: Prof. Dr.-Ing. Peter Grübl

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange

Tag der Einreichung: 27.06.2008

Tag der mündlichen Prüfung: 27.03.2009

Ich weiß, dass ich nicht weiß.

(Sokrates, griechischer Philosoph, 470 - 399 v. Chr.)

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand größtenteils während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau, Fachgebiet Baustoffe, Bauphysik, Bauchemie, der Technischen Universität Darmstadt.

Der Arbeit liegt ein Forschungsvorhaben zugrunde, das im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierten Programms „Neue Medien in der Bildung“ gefördert wurde. Der Name des Projekts lautet Multimediales Netzwerk zur Wissensvermittlung im Fach Werkstoffe im Bauwesen für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten, oder kurz WiBA-Net[®]. Dabei wirkten auf Seiten der Autoren die Professoren Franke (TU Hamburg-Harburg), Hillemeier (TU Berlin), König und Pahl (beide Uni Leipzig), Reinhardt (Uni Stuttgart), Seeger, dessen Nachfolger Vormwald und Schäfer (alle TU Darmstadt), Setzer (Uni Essen-Duisburg), auf Seiten der Pädagogik Sesink (TU Darmstadt) und auf Seiten der IT die Professoren Encarnação (Fraunhofer IGD und TU Darmstadt) und Mühlhäuser (TU Darmstadt) mit. Die Projektleitung lag bei Prof. Grübl (TU Darmstadt), dem ersten Referenten dieser Arbeit. Ich möchte mich in diesem Zusammenhang bei allen beteiligten Professoren und allen Mitarbeitern¹, die ich wegen der großen Anzahl hier nicht einzeln nennen möchte, recht herzlich für die erfolgreiche Zusammenarbeit bei diesem Projekt bedanken.



Team WiBA-Net im Advent 2003 (auf dem Bild fehlen u.a. die Professoren Encarnação, Franke, Hillemeier, König, Mühlhäuser, Reinhardt, Seeger und Sesink)

¹ Leserinnen mögen mir verzeihen, dass ich hier an allen weiteren Stellen die männliche Form verwende und in Bezug zur Textstelle auf die Form MitarbeiterInnen verzichte.

WiBA-Net[®] wurde im Jahre 2004 mit dem Best E-Teaching Award der Carlo und Karin Giersch-Stiftung an der TU Darmstadt ausgezeichnet und hat im gleichen Jahr auch das E-Learning Label der TU Darmstadt erhalten.

Mein besonderer Dank richtet sich an Herrn Professor Grübl. Er hat mir die Gelegenheit gegeben, bei dem Projekt WiBA-Net[®] in verantwortungsvoller Position mitzuwirken. Das Projekt hat mir soviel Freunde bereitet, so dass ich bis zum heutigen Tag einen Teil des Systems ehrenamtlich betreue. Durch WiBA-Net[®] wurde der Grundstein für diese Arbeit gelegt, bei der mich Herr Professor Grübl durch vielfältige Anregungen, Hinweise und gute Ratschläge sehr gut unterstützt hat.

Herrn Professor Lange danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Dank zu sagen gilt es auch den zahlreichen studentischen Hilfskräften, die mit großer Hingabe an dem Gelingen von WiBA-Net[®] beigetragen haben. An dieser Stelle möchte ich besonders Jörg Schwarz und Christoph Köster hervorheben.

Inhalt

Vorwort	I
Inhalt	III
Kurzfassung	VII
Kapitel 1 Einleitung	1
Kapitel 2 Ziel und Vorgehensweise.....	3
Kapitel 3 Stand des Wissens.....	5
3.1 Lehren und Lernen	5
3.1.1 Allgemeines.....	5
3.1.2 Lerntheorien	8
3.1.2.1 Vorbemerkung.....	8
3.1.2.2 Behaviorismus.....	8
3.1.2.3 Kognitivismus	11
3.1.2.4 Konstruktivismus	13
3.1.2.5 Vergleich	15
3.1.3 Taxonomie von Lernzielen.....	15
3.1.4 Lernen aus neurologischer Sicht	18
3.1.5 E-Learning.....	23
3.2 Tests.....	27
3.2.1 Einführung.....	27
3.2.1.1 Allgemeines.....	27
3.2.1.2 Klassifizierung	28
3.2.1.3 Testanwendungsbereiche	29
3.2.1.4 Lernkontrollen.....	29
3.2.1.5 Diagnosemöglichkeiten.....	29
3.2.1.6 Item.....	30
3.2.1.7 Berufsbezogene Eignungsdiagnostik	30
3.2.1.8 Geschichte der Tests.....	30
3.2.2 Testtheorien.....	31
3.2.2.1 Allgemeines.....	31
3.2.2.2 Klassische Testtheorie (KTT)	32
3.2.2.3 Probabilistische Testtheorie (IRT)	33
3.2.2.4 Skalenniveaus.....	35
3.2.3 Gütekriterien.....	36
3.2.3.1 Einführung.....	36
3.2.3.2 Objektivität (Beobachterübereinstimmung).....	36
3.2.3.3 Reliabilität (Messgenauigkeit)	37
3.2.3.4 Validität (Zuverlässigkeit).....	40
3.2.3.5 Zusammenhänge.....	40
3.2.3.6 Nebengütekriterien	41

3.2.3.7	Sonstige Testanalysekriterien.....	42
3.2.4	Lernkontrollen.....	44
3.2.5	Computergestütztes Testen	47
3.2.5.1	Geschichte der computergestützten Tests	47
3.2.5.2	Methode.....	47
3.2.5.3	Vorteile.....	48
3.2.5.4	Testaufgabentypen	48
3.2.5.5	Anforderungen an ein computergestütztes Testsystem.....	50
3.2.6	Einfluss der Taxonomieebene	51
3.2.7	Auswertung von Lernkontrollen	53
3.2.8	Feedback.....	54
3.2.9	Testkonstruktion.....	57
3.3	Sonstige Einflüsse auf den Lernprozess.....	58
3.3.1	Allgemeines.....	58
3.3.2	Motivation	58
3.3.3	Schlaf.....	61
3.3.4	Ernährung / Bewegung.....	62
3.3.5	Vom Stress zum Flow-Erleben	62
3.3.6	Einbau nicht-kognitiver Testelemente	64
Kapitel 4	Mitarbeit am WiBA-Net®	66
4.1	Vorbemerkung.....	66
4.2	Lernnetz WiBA-Net®	69
4.2.1	Struktur.....	69
4.2.2	Lehrpfade	72
4.2.3	Lernkontrollen.....	74
4.2.4	Hochschullehrerfunktionen	75
4.2.5	Didaktik.....	75
4.3	Die Prüfungssituation bei der universitären Bauingenieurausbildung	77
4.3.1	Die Situation am Beispiel der TU Darmstadt.....	77
4.3.2	Prüfungsvorbereitung.....	80
4.3.3	Lerner – Lehrender – Interaktion	81
4.3.4	Diversität der Lerner	82
4.3.5	Lernparameter	85
4.3.5.1	Einführung.....	85
4.3.5.2	Infrastruktur.....	85
4.3.5.3	Lernorte	85
4.3.6	Vortests.....	86
4.4	Aspekte der Weiterbildung.....	87
Kapitel 5	Modell.....	90
5.1	Allgemeines.....	90
5.2	Ziele.....	90

5.2.1	Sichtweise Lerner	92
5.2.2	Sichtweise Lehrender	93
5.2.3	Bewertung der Lernsituation	94
5.2.4	Analogie zur MSR-Technik	95
5.3	Modell-Darstellung	96
5.3.1	Allgemeines	96
5.3.2	Vermittlungseinheit	98
5.3.3	Ruhephase	98
5.3.4	Test	99
5.3.5	Aktionsphase	100
5.4	Modellanwendungen	102
5.4.1	Einführung	102
5.4.2	Präsenzveranstaltung	103
5.4.3	E-Learning / Blended Learning	104
5.4.4	Weiterbildung	105
5.4.5	Web 2.0	107
5.5	Computergestützte Methode	108
5.6	Umsetzung der elektronischen Lernkontrollen	109
5.6.1	Einführung	109
5.6.2	Technik	109
5.6.3	Fragen und Tests	110
5.6.4	Arbeitsanweisung - Erstellung computergestützter Lernkontrollen	114
5.6.5	Fragenkatalog	114
5.6.5.1	Inhalt	114
5.6.5.2	Metadaten	115
5.6.5.3	Kriterien zum Erstellen modellkonformer Testfragen	116
5.7	Anwendungsfälle	118
5.7.1	E-Tests	118
5.7.1.1	Anwendungsfall Präsenzveranstaltung	118
5.7.1.2	Anwendungsfall E-Learning / Blended Learning	123
5.7.1.3	Anwendungsfall Weiterbildung	125
5.7.2	E-Prüfungen	128
5.7.2.1	Allgemeines	128
5.7.2.2	Umsetzung	130
5.8	Analyse der Lernkontrollen	133
5.8.1	Allgemeines	133
5.8.2	Analyseauswahl	136
5.8.3	Schwierigkeit	137
5.8.4	Trennschärfe	142
5.8.5	Reliabilität	145
5.8.6	Validität	147
5.8.7	Objektivität	149

5.8.8	Feedback.....	150
5.8.9	Distraktorenanalyse.....	151
5.8.10	Testendform	153
5.9	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	156
5.10	Qualitätsbetrachtungen.....	157
Kapitel 6 Schlussbemerkung.....		160
Literatur.....		162
Anhang		A1
Anhang A: Seiten des Lehrpfades Konsistenzbestimmung		A1
Anhang B: Lernkontrollen.....		B1
Anhang C: Arbeitsanleitung.....		C1

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Modell zur curricularen Einbindung von computergestützten Lernkontrollen entwickelt und dessen Umsetzung in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren sowie dessen Wirksamkeit untersucht.

Dazu wurden Erkenntnisse aus der Pädagogik und aus den Neurowissenschaften mit eigenen Erkenntnissen verknüpft.

In der Pädagogik wurden seit Beginn des letzten Jahrhunderts im Wesentlichen drei unterschiedliche Lerntheorien entwickelt. Die erste zu nennende ist der Behaviorismus, aus dem die ersten (computergestützten) Lernkontrollen hervorgingen. Die zugehörige Methode der programmierten Unterweisung von Skinner ist somit eine der Grundlagen für das Modell. Mit dem Ende des Behaviorismus und dem Durchbruch der Lerntheorien Kognitivismus und Konstruktivismus verloren die Lernkontrollen ihre Bedeutung als Instrument der Leistungsüberwachung.

Eine weitere Grundlage des Modells ist die von Gröbl und Seeger in den Fächern Baustofflehre und Werkstoffmechanik an der TU Darmstadt eingeführte Methode der verbindlichen Zwischentests. Diese in Papier- und Bleistift-Form durchgeführten Lernkontrollen zeigten positive Wirkungen auf die Lernleistungen der Studenten.

Die eignen Erfahrungen stammen größtenteils aus dem Projekt WiBA-Net[®]. Dabei handelt es sich um das multimediale Netzwerk zur Wissensvermittlung im Fach Werkstoffe im Bauwesen für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten. In diesem Projekt wurden zahlreiche Untersuchungen zu Lernkontrollen durchgeführt, die als eigene Vorarbeiten in die Modellentwicklung eingeflossen sind. Des Weiteren konnten eigene Erkenntnisse und Untersuchungen zu Online-Weiterbildungsmaßnahmen und zu elektronischen Prüfungen berücksichtigt werden.

Das Modell stellt einen Rückkopplungsmechanismus dar, bei dem die Belange der Lerner und der Lehrenden berücksichtigt werden. Für den Lerner erfolgt eine kontinuierliche Selbsteinschätzung seines Wissensstandes, für den Lehrenden hat das Modell den Vorteil, dass er Informationen über den Wissensstand seiner Studenten erhält und dadurch den Lehrprozess optimieren kann. Zwischen der Wissensvermittlung und der Wissenskontrolle entsteht dadurch ein enger Regelkreis.

Das Modell untergliedert sich in die Phasen Vermittlung, Ruhe, Lernkontrolle – als zentrales Element – und Aktion. Sowohl die Bedeutung der einzelnen Phasen sowie deren Zusammenhänge untereinander als auch die Anknüpfung zu den Prozessbeteiligten, den Lehrenden und Lernern, werden erläutert.

Die Anwendbarkeit des Modells wurde bei den Szenarien Präsenzveranstaltung, E-Learning / Blended Learning, Weiterbildung, Web 2.0 und E-Prüfung untersucht. Es wurden Lernkontrollen zu den Inhalten der einzelnen Vorlesungsstunden im Fach Baustofflehre und zu

E-Learning-Einheiten des WiBA-Net[®] und verschiedener Weiterbildungskurse erstellt und in der Praxis getestet. Das Szenario Web 2.0 basiert auf der konstruktivistischen Lerntheorie. Lerner konstruieren dabei Fragen und computergestützte Lernkontrollen selbst und stellen sie den Kommilitonen zur Verfügung. Eine Herausforderung für computergestützte Tests stellen die E-Prüfungen dar, da dabei verbindliche Bewertungen der Leistungen der einzelnen Studenten erstellt werden müssen.

Die Anwendbarkeit von E-Prüfungen wurde im Rahmen der universitären Lehre theoretisch und in der Weiterbildung anhand von Beispielen praktisch untersucht. Die Vor- und Nachteile wurden herausgearbeitet. Es konnte ferner gezeigt werden, dass sich der ergänzende Einsatz von E-Learning / Blended Learning positiv auf die Lernleistungen der Studenten auswirkt. Insbesondere die Nutzung der vorlesungsbegleitenden Lernkontrollen führte dazu, dass sich einerseits die Ergebnisse in den nachfolgenden Vordiplomprüfungen und andererseits die zugehörigen Durchfallquoten tendenziell positiv entwickelt haben.

Für die Lernkontrollen werden sowohl Fragen mit offenen als auch mit gebunden Antwortformaten verwendet. Die Untersuchung ergab, dass für computergestützte Lernkontrollen gebundene Formate zu bevorzugen sind, da andernfalls geeignete, einfach zu handhabende Eingabe- und Auswertungsmethoden fehlen. Insgesamt wurden fast 2.000 Fragen konstruiert, die zu fast 300 Lernkontrollen zusammengestellt wurden. Die Fragen werden in einem zentralen Fragenkatalog verwaltet.

Gute Lernkontrollen müssen reliabel, objektiv und valide sein. Zur Gewährleistung dieser Forderungen wurden die Lernkontrollen mit Hilfe der Methoden der klassischen Testtheorie analysiert und gegebenenfalls auch revidiert. Bei schlechten Lernkontrollen besteht die Gefahr, dass sie zu Fehleinschätzungen hinsichtlich der Modellziele Selbsteinschätzung und Lernsteuerung führen.

Schließlich wurde eine Arbeitsanweisung für die Umsetzung der Lernkontrollen erstellt. Zu betonen ist dabei, dass das Modell keine besserwisserische Handlungsanweisung für gute Lehre liefern soll. Gute Lehre kann seit je her auch ohne den Einsatz computergestützter Lernkontrollen erfolgen. Im Mittelpunkt steht das Aufzeigen der Potentiale computergestützter Lernkontrollen, mit denen eine Steigerung der Lehr- und vor allem der Lerneffizienz möglich ist.

Kapitel 1

Einleitung

Kaum etwas hat Eltern, Pädagogen und Politiker stärker geschockt als die so genannte neue deutsche Bildungskatastrophe Ende 2001, die durch die PISA-Studie aus dem Jahre 2000 ausgelöst wurde.

Deutsche Schüler belegten im internationalen Vergleich hintere Ränge in der Mathematik und in den Naturwissenschaften. Das Land der großen Erfinder des vorletzten und letzten Jahrhunderts landete bei den Naturwissenschaften auf einem enttäuschenden 20. Platz (von 30). Die 15jährigen Schüler, die im Jahre 2000 für diese Platzierung sorgten, sind heute Anfang 20 und besuchen zum Teil die Universitäten, wo sie sich in einer im Umbruch befindlichen Hochschullandschaft, ausgelöst durch den Bologna-Prozess, befinden. Auf Grund dieses Prozesses wurde im Bauingenieurwesen der bekannte Diplomabschluss abgeschafft und auf Bachelor- und Masterabschlüsse umgestellt.

Nach dem Ende des Massenandrangs auf das Bauingenieurstudium Mitte der 1990er Jahre konnte man wieder verstärkt didaktische Anstrengungen zur Verbesserung des Lernprozesses unternehmen. Zum Beispiel wurden an der TU Darmstadt im Fach Baustofflehre/Werkstoffmechanik verbindliche Praktika und Zwischentests von den Professoren Gröbl und Seeger eingeführt. Damit motivierte man die Studierenden, sich mit dem Lehrstoff bereits während des laufenden Semesters intensiv und kontinuierlich auseinander zu setzen. Dies hatte zur Folge, dass die Durchfallquote bei der zugehörigen Vordiplomprüfung stark zurückging. Die Umstellung auf die neuen Abschlüsse hat nun aber dazu geführt, dass die Anzahl an verbindlichen Abschlussprüfungen erheblich zugenommen hat, da nun für jede Lehrveranstaltung eine Prüfung zu jedem Semester angeboten werden muss, auch dann, wenn sich die Vorlesung über mehrere Semester erstreckt. Damit dieser Anstieg zu keiner erheblichen Mehrbelastung bei den Studierenden führt, wurden Obergrenzen für verbindliche Prüfungen festgelegt, die zur Folge haben, dass die erfolgreichen Zwischentests ihren verbindlichen Status verlieren.

Die Umstellung im Rahmen des Bologna-Prozesses eröffnet aber auch Möglichkeiten und Wege zur Einbindung neuer Lehrmedien wie dem E-Learning. Diese neue Lehrmethode wurde viele Jahre ausschließlich vor einem technischen Hintergrund diskutiert. Immer mehr neue Lernplattformen und multimediale Werkzeuge wurden entwickelt und den Anwendern uneingeschränkt zur Verfügung gestellt. Dabei wurde häufig vergessen, dass das Werkzeug nicht im

Mittelpunkt stehen sollte. Viel wichtiger ist die pädagogische Einbettung der neuen digitalen Lehr- und Lernformen in den Studienalltag sowie das Vorleben dieser Formen durch die verantwortlichen Hochschullehrer.

Mit dem Modell zur curricularen Einbindung von Lernkontrollen soll der Schwerpunkt auf die pädagogische Sichtweise gelegt werden und dabei das von Grübl und Seeger entwickelte Modell der Zwischenprüfungen als erfolgreiche Grundlage dienen. Durch eine computergestützte Umsetzung des Modells ergibt sich eine Reihe von zusätzlichen Möglichkeiten, deren didaktischer Mehrwert in dieser Arbeit zu untersuchen ist.

Kapitel 2

Ziel und Vorgehensweise

Ziel:

Durch den Bologna-Prozess befindet sich die universitäre Lehre in einem Umbruch. Die Einführung der neuen Bachelor- und Masterabschlüsse bietet die Chance, dass neue Lehrmethoden in den Studienalltag integriert werden. Wenn man Studierende fragt, was das schwierigste am Studium sei, so erhält man oft die lapidare Antwort: Die Prüfungen.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Modells, bei dem (computergestützte) Lernkontrollen zur Steigerung der Lehr- und Lerneffizienz in die Lehre integriert werden. Dabei wird untersucht, inwieweit der Lernprozess positiv beeinflusst werden kann, sowohl in der Aus- als auch in der Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten.

Auf der einen Seite soll das Modell einen Rückkopplungseffekt erzeugen, durch den die Lehrenden neue Möglichkeiten zur Lernsteuerung erhalten. Dabei ist zu betonen, dass die Lehrenden keineswegs auf eine besserwisserische Art und Weise zur Anwendung neuer Lehrelemente aufgefordert werden sollen. Im Mittelpunkt steht vielmehr das Aufzeigen der vielfältigen Möglichkeiten durch die Anwendung von Lernkontrollen. Eine gute Lehre kann nach wie vor auch ohne Kontrolle auskommen. Dennoch soll untersucht werden, welche Vorteile sich durch die Nutzung computergestützter Testsysteme ergeben können.

Auf der anderen Seite steht der Lerner im Fokus dieser Arbeit. Es muss hinterfragt werden, welchen Nutzen die Anwendung computergestützter Lernkontrollen für den Lernfortschritt des Lerners hat. Durch die kontinuierliche Anwendung des Modells und dem damit verbundenen engen Regelkreis soll der Lerner seine Lernleistung und seinen Wissensstand stets objektiv einschätzen und somit auch steuern können, so dass er nebenbei auch die Angst vor dem schwierigsten im Studium, den Prüfungen, verliert.

Diese Prüfungen könnten in Zukunft auch in einer computergestützten Form als E-Prüfung, absolviert werden. Umsetzungsstrategien sind dazu zu erarbeiten.

Vorgehensweise:

Die Umsetzung der Ziele erfolgt schrittweise.

Im ersten Schritt wird eine tief greifende Auseinandersetzung mit dem Lehren und Lernen als Prozess durchgeführt, weil nur dadurch schlüssige Ergebnisse für das Modell möglich sind.

Im nächsten Schritt werden eigene Vorarbeiten, vor allem die aus dem Projekt WiBA-Net[®] und eigene empirische Untersuchungen in die Überlegungen für die Modellbildung eingebunden.

Anschließend wird das entwickelte Modell erläutert und eine Empfehlung in Form einer Arbeitsanleitung für die curriculare Anwendung erstellt. Da die Lernkontrollen integraler Bestandteil des Modells sind, müssen diese mit Hilfe einer Analyse auf ihre Eignung geprüft und gegebenenfalls revidiert werden. Die für das Modell benötigten Fragen sind in einen Fragenkatalog zu überführen.

Kapitel 3

Stand des Wissens

3.1 Lehren und Lernen

3.1.1 Allgemeines

Lehren und Lernen sind die beiden sich gegenseitig beeinflussenden Aktionen beim Lernprozess, der zu relativ stabilen Veränderungen im Verhalten oder im Verhaltenspotential führt. Lernen ist nicht direkt zu beobachten. Es muss aus den Veränderungen des beobachtbaren Verhaltens erschlossen werden [ZIMB 1995; GAGE 1986].

Im Hinblick auf diese Arbeit ist eine tief greifende Auseinandersetzung mit dem Lehren und Lernen als Prozess erforderlich. Nur mit Hilfe der pädagogischen Grundlagen, in Kombination mit den Gegebenheiten und Erfordernissen des Bauingenieurstudiums und der beruflichen Weiterbildung, kann ein Modell im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung aufgestellt werden.

Wichtig ist dabei vor allem, dass eben nicht nur das Verhalten, sondern auch das Verhaltenspotential einzubeziehen ist. Die grundlegende Frage ist: Wie kommt es eigentlich zu einem Lernprozess? Durch das Fehlen direkter Beziehungen zwischen Lehren und Lernen, eröffnet sich ein erheblicher Spielraum dahingehend, welche beobachtbaren Indikatoren Einfluss auf den Lernprozess haben [ARNO 2002]. Zur Beschreibung des Lernprozesses sind im Laufe der Zeit eine Reihe von Theorien entwickelt worden. Die drei wichtigsten sind

- der Behaviorismus, wobei Lernen als Veränderung von Verhaltensweisen,
- der Kognitivismus, wobei Lernen als Lernen durch Einsicht, Verallgemeinerungen, Beobachtung und
- der Konstruktivismus, wobei Lernen als Konstruktion von Wissen

verstanden wird.

Beim Lernen ist zu unterscheiden, ob es in einer kognitiven, affektiven oder psychomotorischen Dimension stattfindet. In dieser Arbeit wird insbesondere die kognitive Dimension untersucht.

Im speziellen Fall der universitären Ausbildung von Bauingenieuren ist das primäre Ziel, die Studierenden auf ihren anvisierten Beruf vorzubereiten, den sie kompetent, eigenständig und

verantwortungsbewusst ausüben sollten. In der Lehre wird neben der Vermittlung von Fakten, Fähigkeiten und Methoden zu den Inhalten des Bauingenieurwesens auch die Befähigung zum wissenschaftlichen Arbeiten angestrebt.

Die Fachleute für das Lehren und Lernen sind die Pädagogen. Pädagogik oder Erziehungswissenschaft sind Bezeichnungen für die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Theorie und Praxis von Bildung und Erziehung auseinandersetzt. Nach heutigem Verständnis kommt der Pädagogik eine Doppelrolle zu, als Reflexionswissenschaft Bildungs- und Erziehungszusammenhänge zu erforschen, aber auch als Handlungswissenschaft Vorschläge zu machen, wie Bildungs- und Erziehungspraxis gestaltet und verbessert werden kann.

Die Didaktik wiederum beschäftigt sich ausschließlich mit Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens, d.h. nicht mehr mit allgemeinen Erziehungsfragen. Didaktik wird auch häufig als „Lehrkunst“ bezeichnet [GAGE 1986].

Zum Erforschen und Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Lehren und Lernen nutzt man in der Pädagogik insbesondere die Empirie. Dabei bedient man sich vorrangig der in der Psychologie entwickelten Methoden und Theorien. Durch die Nutzung von Erkenntnissen aus den beiden Wissenschaften Pädagogik und Psychologie hat sich bereits um 1900 die pädagogische Psychologie entwickelt.

Gage beschreibt das Tätigkeitsfeld der pädagogischen Psychologie am Beispiel des Schulunterrichts. Zwar ist die Schule das Kerngebiet der pädagogischen Psychologie, die Methoden sind aber auch in den Hochschulbereich übertragbar. Die fünf Hauptbereiche der pädagogischen Psychologie – Zielformulierung, Lernereigenschaften, Lernprozesse, Unterrichtsmethoden und Evaluation – zeigt die Abbildung 3-1 [GAGE 1986].

Zur pädagogischen Psychologie zählt auch die pädagogische Diagnostik. Darunter werden alle Maßnahmen zur Aufhellung von Problemen und Prozessen sowie zur Messung des Lehr- und Lernerfolgs und der Bildungsmöglichkeiten des Einzelnen im pädagogischen Bereich verstanden, insbesondere solche, die der individuellen Entscheidung über die Wahl der anzustrebenden Qualifikationen, der Schullaufbahn, des Ausbildungsganges im tertiären Bereich und der Berufsausbildung sowie der Weiterbildung dienen.

Die pädagogische Diagnostik schließt weiterhin alle Verfahren, Vorgänge und Maßnahmen ein, die der Messung und Beurteilung des Input, Output und des Verlaufs des pädagogischen Geschehens dienen [HOPF 1975]. Kurz gesagt ist sie die Wissenschaft für das Zusammenstellen und Erproben von Tests für Unterrichtszwecke.

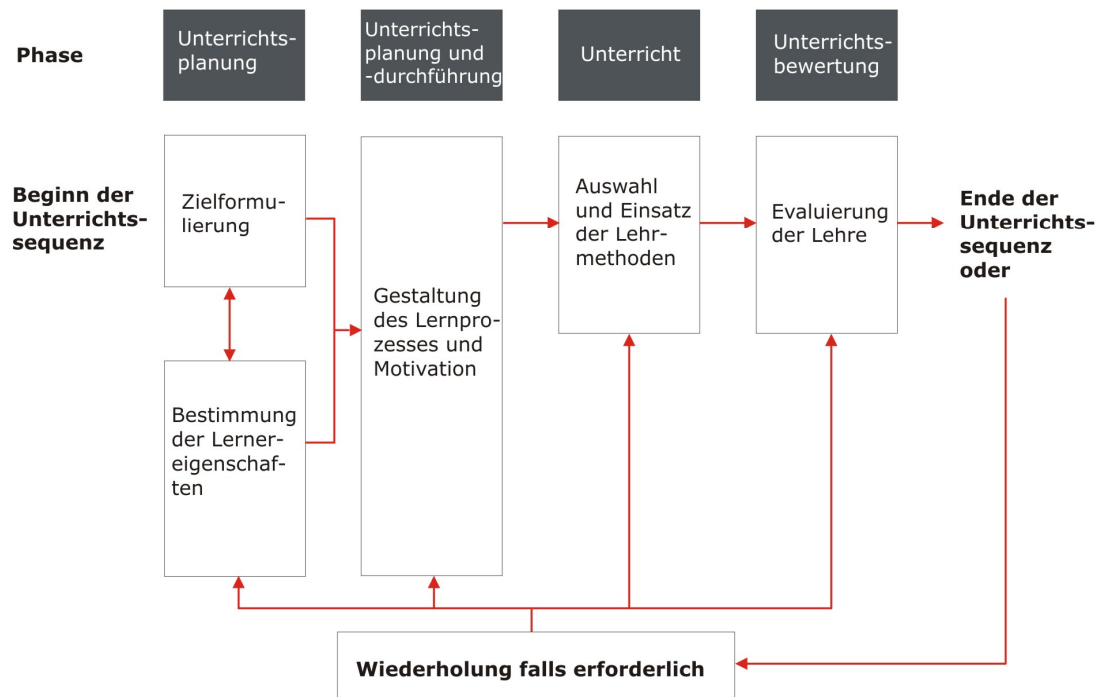


Abbildung 3-1 Unterrichtsmodell unter Einbezug der fünf Teile der pädagogischen Psychologie [GAGE 1986]

Seit den 1990er Jahren liefern die neuen Medien neue Impulse für die Didaktikdiskussion. Mit diesen verbindet sich eine Reihe von Hoffnungen, Wünschen und Erwartungen, die in der neu geschaffenen Mediendidaktik behandelt werden. Zu diesen neuen Medien zählen auch computergestützte Lernkontrollen, die die Lehre beim Steuern, Lernen und Präsentieren unterstützen. Die Abbildung 3-2 stellt die Zusammenhänge mit Hilfe des didaktischen Dreiecks dar.

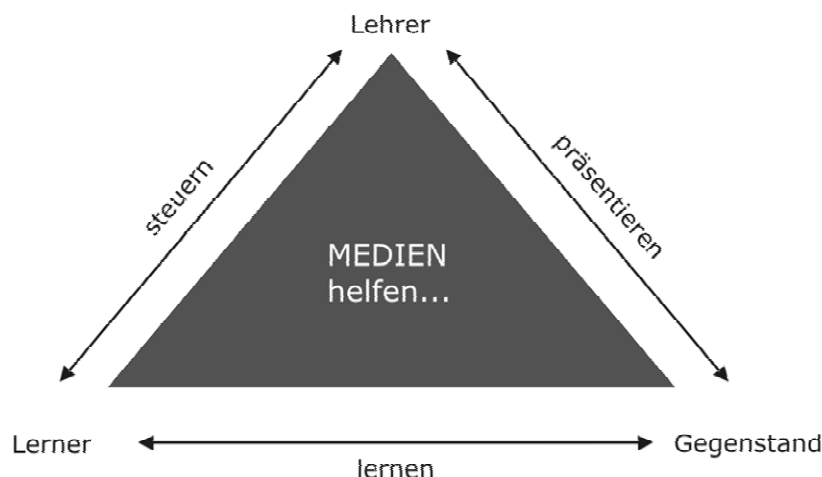


Abbildung 3-2 Mediendidaktik im didaktischen Dreieck [STAD 2004]

Psychologen und Pädagogen erhalten ihre Erkenntnisse insbesondere mit Hilfe empirischer Untersuchungen, wohingegen Hirnforscher die Prozesse, die beim Abspeichern und Verarbeiten von Wissen in unserem Gehirn ablaufen, direkt untersuchen. Seit Anfang dieses

Jahrtausends konnten viele Forschungsergebnisse erzielt werden, die nach und nach Einzug in die didaktische Diskussion fanden.

3.1.2 Lerntheorien

3.1.2.1 Vorbemerkung

Um ein Modell zur Steigerung der Effizienz im Lernprozess zu entwickeln, bedarf es der Kenntnis der lerntheoretischen Grundannahmen, bei denen sich die Rollen des Lehrenden, des Lerners und gegebenenfalls der (neuen) Medien unterschiedlich darstellen. Die drei wichtigsten Ansätze, der Behaviorismus, der Kognitivismus und Konstruktivismus, sowie deren Varianten, werden im Folgenden erläutert. Diese Lerntheorien stehen heute zwar prinzipiell gleichberechtigt zur Verfügung; es muss beachtet werden, dass es sich dabei auch um eine zeitliche Entwicklung handelt, die Anfang des letzten Jahrhunderts mit dem Behaviorismus begann und heute mit dem Konstruktivismus bestimmt noch nicht abgeschlossen ist.

3.1.2.2 Behaviorismus

Mit dem Behaviorismus entwickelte sich Anfang des 20. Jahrhunderts in den USA ein neues psychologisches Paradigma, das für nahezu ein halbes Jahrhundert die Psychologie und ihre angrenzenden Wissenschaften, wie zum Beispiel die Pädagogik, beherrschen sollte [HAMM 2000].

Die Geburtsstunde des Behaviorismus kann man in das Jahr 1913 legen, dem Erscheinungsjahr der ersten Schrift des Behaviorismus "Psychology as the behaviorist views it" von ihrem Begründer John Watson [WATS 1930].

Für die Entwicklung des Behaviorismus waren zwei Richtungen des auslaufenden 19. Jahrhunderts und beginnenden 20. Jahrhunderts von besonderer Bedeutung. Das ist auf der einen Seite der amerikanische Funktionalismus, dessen wichtigster Vertreter Edward L. Thorndike ist und auf der anderen Seite die russische Reflexologie, die später unter dem Namen "dialektisch-materialistische Psychologie" bekannt wurde. Begründer und führender Vertreter dieser Richtung war Ivan Pawlow. Dieser hat mit dem berühmten Experiment mit dem Pawlow-schen Hund 1903 den Grundstein für eine Theorie der Konditionierung von Individuen gelegt [PAWL 1972].

Pawlow hat den Speichelfluss bei Hunden untersucht, indem er ihnen verschiedene Futtermittel ins Maul einführte, unter der Berücksichtigung, dass trockene Stoffe mehr Speichelproduktion verursachen als feuchte. Pawlow stellte fest, dass nach mehreren Versuchsdurchgängen die Speichelproduktion bereits einsetzte, wenn der Hund das Futter lediglich sah oder roch. Pawlow nahm nun an, dass die Speichelproduktion des Hundes "auf Entfernung" nicht physiologischer, sondern psychischer Natur sein musste und begann, darauf aufbauend, weitere Versuche durchzuführen. Von Pawlow stammen in diesem Zusammenhang die Begriffe unbedingter Reflex und bedingter Reflex, wobei ein unbedingter Reflex auf eine direkte physiologische Reizung (Einführung des Stoffes ins Maul des Hundes) anspricht, also ein natürlicher, instinktiver Reflex ist, während ein bedingter Reflex bei Erfüllung bestimmter Bedingungen auch

bei einer Reizung auf Distanz funktioniert, wobei diese bedingte Reizung beliebig sein kann (angelernter Reflex). Damit ein bedingter Reflex durch eine bedingte Reizung ausgelöst werden kann, muss ein enger zeitlicher Zusammenhang zwischen bedingter und unbedingter Reizung bestehen.

Um diese Annahme bestätigen zu können, bot er den Hunden zuerst eine indifferente Reizung an, d.h. eine für die natürlichen Instinkte eines Hundes unbedeutende Reizung. Diese Reizung verknüpfte er im Anschluss mit einer unbedingten Reizung in einem zeitlich engen Zusammenhang. Als indifferente Reizung wählte er einen Summton, also einen Reiz, der für sich genommen keine Reaktion bei Hunden auslöst. Die unbedingte Reizung blieb weiterhin das Einführen von Mutter in das Maul des Versuchshundes, wobei er im Übrigen nicht sehr zimperlich vorging, da er beispielsweise Löcher durch die Lippen der Hunde stach und dünne Schläuche für die Futtergabe hindurch steckte.

Die indifferente und die unbedingte Reizung wurden nun mehrere Male erzeugt. Wenn anschließend die unbedingte Reizung nun unterbleibt, also kein Futter verabreicht wird, entsteht trotzdem der gleiche Reflex, d.h. der Speichelfluss wird nur durch den Summton ausgelöst. So wird aus der indifferenten Reizung eine bedingte und aus dem unbedingten Reflex ein bedingter. Pawlow erkannte aber auch, dass der bedingte Reflex mit der Zeit nachlässt und somit schwächer als ein unbedingter Reflex ist.

Thorndike [THOR 1968] untersuchte bei Tieren ebenfalls die Zusammenhänge zwischen Reizung und Reflex und wollte damit das Lernverhalten von Tieren bestimmen, das – wie er glaubte – auch Rückschlüsse auf das menschliche Lernverhalten zulässt. Obwohl Thorndike und Pawlow zur gleichen Zeit experimentierten und auch veröffentlichten, wurden die Forschungen zunächst in keinen Zusammenhang gebracht.

Bei Thorndikes Experiment kamen eine Katze und ein Käfig mit einem versteckten Öffnungsmechanismus, der durch einen Hebel ausgelöst werden konnte, zum Einsatz. Entscheidend dabei war nun, dass die Katze hungrig war und sich außerhalb des Käfigs Futter befand. Thorndike beobachtete nun, wie lange die Katze brauchte, um den Öffnungsmechanismus zu betätigen und wie viele Versuche sie dazu benötigte. Zunächst agierte die Katze relativ ziellos und konnte sich nur per Zufall aus dem Käfig befreien. Von Mal zu Mal handelte die Katze zielstrebig, so dass sowohl die Zahl der Versuche als auch die Dauer abnahmen. Nach mehreren Wiederholungen öffnete die Katze den Käfig sofort mit nur einem Versuch.

Thorndike gab dieser Lösungsstrategie der Katze die Bezeichnung „trial and error“, also Ausprobieren und war der Meinung, dass man diese Strategie auch auf menschliche Lernprozesse übertragen könnte.

Auf Grund eines äußeren Reizes (Gefangenschaft im Käfig) übt der Organismus eine Reaktion (Befreiungsversuch) aus. Thorndike nannte dies auch Stimulus-Response (S-R)-Association und folgte, dass, wenn auf einem gleichen Stimulus immer die gleiche Reaktion (response) gezeigt wird, eine Verbindung (association) von Stimulus und Reaktion zustande gekommen ist. Das heißt, ein Lernprozess hat stattgefunden.

Eine solche Verbindung entsteht aber nur, wenn der Organismus eine befriedigende Nachwirkung erhält, wenn er zum Beispiel Futter bekommt. Diese Nachwirkung wird auch als Verstärkung (reinforcement) bezeichnet.

Sowohl Pawlow als auch Thorndike lehnten die zu ihrer Zeit vorherrschenden psychologischen Konzeptionen, den Funktionalismus, den Strukturalismus und vor allem die Tiefenpsychologie Freuds, grundsätzlich ab, da bei diesen, durch das Fehlen objektiver Beobachtungen, kein empirisch-wissenschaftliches Arbeiten möglich ist. Dieser Haltung schloss sich auch Watson [WATS 1930] an und entwickelte daraus – wie bereits erwähnt – den Behaviorismus.

Watson verneinte einen Zusammenhang von Bewusstsein und äußerem Verhalten, das heißt, er vermutete, dass Bewusstseinsinhalte und Gefühle keine eigene Qualität haben, sondern nur durch S-R-Verbindungen entstehen, und dementsprechend immer abhängig von umgebungs-gesteuerten Lernprozessen sind. Dies ist einer der Kernpunkte des Behaviorismus, der sich später aber als falsch herausstellen sollte, wie im Folgenden im Abschnitt Kognitivismus nachzulesen ist.

Aus den Beobachtungen von Watson kann geschlossen werden: Bei allen Organismen sind es also stets Reize, die sie zu Reaktionen veranlassen und nicht beispielsweise Bewusstseinsakte.

Anfang der 1930er Jahre entwickelten sich die Ideen des Behaviorismus rapide weiter (2. Generation). In dieser Zeit beschäftigten sich viele Forscher mit den behavioristischen Theorien, insbesondere der S-R-Association, so dass nun endlich auch die Vor-Behavioristen Thorndike und Pawlow mit dem Behaviorismus in Bezug gebracht wurden.

In der S-R-Frage entwickelten sich die Behavioristen aber auch stark auseinander, und es gab verschieden Ansätze einer differenzierten Erklärung der genauen Vorgänge, von denen in Bezug auf diese Arbeit insbesondere der von Skinner zu erwähnen ist [SKIN 1968].

Programmierte Unterweisung:

Skinner ist der Begründer des Neo-Behaviorismus, seine Haltung wird auch als „radikal“ oder „deskriptiv behavioristisch“ bezeichnet. Obwohl die Forschung bereits Schwächen des Behaviorismus erkannte, propagierte er einen Rückgang zum reinen Behaviorismus, also zu den Idealen von Watson, Pawlow und Thorndike. Damit wandte er sich gegen die Mehrheit der Behavioristen der 2. Generation. Skinner war zudem der Meinung, dass der Behaviorismus auf alle Bereiche des menschlichen Lernens anwendbar ist und entwickelte Mitte der 1950er Jahre die Methode der programmierten Unterweisung. Skinners Ziel war es dabei, den Unterricht, vor allem in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern, effektiver zu gestalten und forderte dazu, dass jeder Lernende während des Unterrichts aktiv werden müsste.

Zu Skinners Zeit wurden die ersten Rechner mit Dialogterminals entwickelt, mit deren Hilfe er lineare Lernprogramme umsetzte. Diese waren so aufgebaut, dass der zu lernende Stoff in möglichst kleine, aufeinander aufbauende Schritte zerlegt wurde, die zu dem gewünschten Lernziel führen sollten. Dem Lerner wurden permanent Fragen angezeigt, die er richtig beantworten musste, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Für

jede Antwort bekam er eine Rückmeldung über die Richtigkeit seiner Reaktion, was im Sinne des Behaviorismus zu der gewollten Verstärkung führte. Die Abbildung 3-3 stellt die Interaktion zwischen dem Lehrsystem und dem Lerner dar.

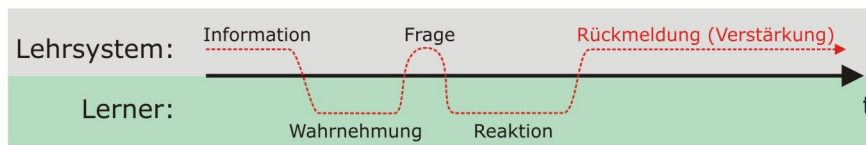


Abbildung 3-3 Schema des Stimulus-Response beim Behaviorismus nach Skinner

Als die UdSSR 1957 den ersten Satelliten in den Orbit schickten, führte das in der westlichen Welt zu einem regelrechten Schock (Sputnikschock). Insbesondere in den USA versuchte man durch eine Steigerung der Bildungsausgaben und der Einführung neuer, rechnergestützter Lehrmethoden den Rückstand auf die Russen so schnell wie möglich wett zu machen. Dieser Umstand verhalf Skinners Methode der programmierten Unterweisung zum Durchbruch.

Skinners Methode zeigte zunächst erfreuliche Erfolge, ist aber letztendlich gescheitert, weil es als Fehleinschätzung angesehen werden kann, die Ergebnisse aus den Tierversuchen auf den menschlichen Lernprozess unreflektiert zu übertragen. Während bei Tieren die Rückmeldung „Futter“ zu keinem mit der Zeit schwächer werdendem Effekt wird, braucht der Mensch permanent neue Reize, um durch durchschaubare Kausalität und Monotonie [MIET 2003] den Erfolg beim Lernen nicht zu verlieren.

Trotzdem hat die programmierte Unterweisung in den letzten Jahren eine deutliche Renaissance erfahren. Die Prinzipien finden sich in vielen aktuellen Formen des computer- und webbasierten Lernens mit besserer Technik und neuem optischen Design wieder. Nebenbei verdanken auch Sprachlabors ihre Existenz den Theorien von Skinner. Und nicht zuletzt baut auch diese Arbeit auf den Erkenntnissen von Skinner auf, wenn auch mit einer anderen Zielsetzung.

Bei der Kritik am Behaviorismus und seiner Implikationen auf den Einsatz von Computern beim Lernen sollte nicht übersehen werden, dass es der Behaviorismus war, und dabei besonders Skinner, der den Einsatz von Computern als Lernmedium propagierte. Somit ist der Behaviorismus als Lerntheorie der Auslöser für sämtliche Formen des computerunterstützten Lernens. Nun liegt es nahe, dass beim Entwickeln neuer Ideen auch Misskonzeptionen und Fehler auftreten, von denen einige im Herzen der Theorie selber liegen und andere in der falschen Umsetzung an sich richtiger Grundkonzepte.

3.1.2.3 Kognitivismus

Rückblickend besteht ein Konsens darüber, dass 1956 als das "Geburtsjahr" der kognitivistischen Wissenschaften angesehen werden kann. In diesem Jahr fand am MIT (Massachusetts Institute of Technology) das zum Gründungstreffen hochstilisierte „Symposium on Information Theory“ statt, auf dem unter anderem Noam Chomsky [CHOM 1962] die Grundideen

seiner neu entwickelten Transformationsgrammatik vorstellte, in der, grob zusammengefasst, ein Modell der Grammatik der Sprache in einem algorithmischen Regelwerk dargestellt wird.

Chomsky war damit der erste, dem es gelang, eine komplexe mentale Fähigkeit wie die zentrale Sprachverarbeitung in einen Algorithmus zu fassen. Von besonderer Bedeutung für die Entwicklung des Kognitivismus waren die Kybernetik und die Computerwissenschaften mit ihren Modellen zur Informationsverarbeitung, da es damit gelang, kognitive Prozesse, wie Wissen und Erkennen, in technischen Systemen zu simulieren.

Beim Behaviorismus lag der Fokus ausschließlich auf den von außen beobachtbaren Verhaltensweisen. Die mentalen Erarbeitungsprozesse im Gehirn wurden ignoriert, da sie aus Sicht der Behavioristen nicht objektiv erfasst werden konnten.

Die Kognitivisten entwickelten ein dreiteiliges Modell zur Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung, gegliedert in Wahrnehmung, Speicherung im Kurzzeitgedächtnis und darauf folgender Endspeicherung im Langzeitgedächtnis. Bei der Analogie Computer ist dies gleichzusetzen mit der Eingabe der Daten, der Speicherung im Arbeitsspeicher und der dauerhaften Speicherung auf der Festplatte.

Nebenbei stellte man fest, dass auch Erfahrungen und Erwartungen einen Einfluss auf die Informationsverarbeitung haben und entwickelte daraus die Modelle des Bottom-up und Top-down Processing, wobei Bottom-up sich auf die Verarbeitung von außen kommender Reize bezieht, und Top-down auf die in eine Situation mit eingebrachten "Voreinstellungen".

Im Sinne des Kognitivismus ist Lernen somit ein Vorgang, bei dem Wissen auf den Vorkenntnissen des Individuums aufbaut. Zwar werden weiterhin äußere Faktoren berücksichtigt, für den Lernfortschritt wesentlich wichtiger ist aber die Vielzahl innerer Vorgänge.

Einerseits sind die Vorkenntnisse die Grundlage für den Aufbau von neuem Wissen, andererseits löst jede neue Information eine Änderung der kognitiven Strukturen aus. Lernen durch Einsicht ist hier das Stichwort. Wissen ist also nicht unabhängig von der Prädisposition eines Individuums. Geht die Psychologie im Behaviorismus noch von einer ontologischen, also einer objektiv erfassbaren Realität aus, erkennt der Kognitivismus einen Zusammenhang zwischen objektiven und individuellen Realitäten an [HAMM 2000].

Innerhalb des kognitivistischen Lernprozesses sind zum einen die aktive Wahrnehmung und zum anderen die Motivation beim Lerner die entscheidenden Punkte.

Bei der Entwicklung computerunterstützter Lehrmedien hat Multimedia eine besondere Bedeutung, da damit einerseits ein authentisches Lernumfeld geschaffen werden kann und andererseits viele unterschiedliche Vermittlungskanäle (z.B. auditiv, visuell) genutzt werden können. Letztendlich ist die Analogie kognitiver Strukturen zwischen Gehirn und Computer die entscheidende Erkenntnis, und verantwortlich für ein verstärktes Einsetzen computerunterstützter, multimedialer Lernprogramme im Lernalltag. Einen besonderen Einfluss hat auch die Entwicklung des Mikrocomputers Anfang der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts, und damit die kostengünstige, weltweite Verbreitung des Computers, auf die Durchsetzung kognitivistischer Lernvorstellungen [HAMM 2000].

Bei der kognitivistischen Lerntheorie kristallisierten sich aber auch drei Kritikpunkte heraus. Erstens wird grundsätzlich in Frage gestellt, ob die Analogie zwischen Computer und Gehirn überhaupt korrekt ist. Zweites wird kritisiert, dass der Kognitivismus zwar die Informationsaufnahme und Informationsspeicherung untersucht, jedoch die Resultate eines Lernprozesses vollkommen außer Acht lässt. Drittens wird bemängelt, dass die sozialen Komponenten, die Fragepunkte des Gruppenlernens oder der Lernkommunikation vernachlässigt werden. Diese drei Kritikpunkte waren der Anlass für die Entwicklung des Konstruktivismus.

Der Kognitivismus, wie vor ihm auch der Behaviorismus, haben die Psychologie und Pädagogik des 20. Jahrhunderts stark geprägt und tun dies noch immer. Derzeit basiert die überwiegende Mehrheit der pädagogischen Lehrmodelle auf den Theorien des Kognitivismus. Darunter fallen auch die computergestützten, multimedialen Lernprogramme, die als adaptive Systeme den Lernfortschritt wesentlich besser berücksichtigen.

Zwar wurde durch den radikalen Umbruch vom Behaviorismus zum Kognitivismus alles ver-teufelt, was aus der überholten Theorie des Behaviorismus stammte, insbesondere wurden alle Formen von Tests abgelehnt, jedoch stellte sich im Zusammenhang mit computergestützten Lernprogrammen schnell heraus, dass im Sinne der Adaptierung nicht auf Tests bzw. Lernkontrollen verzichtet werden kann.

3.1.2.4 Konstruktivismus

Der Konstruktivismus ist ursprünglich eine Erkenntnistheorie und trägt mit seinen lerntheoretischen Erkenntnissen schon seit Anfang der 1990er Jahre viel zu einer Liberalisierung des Lernens bei. Seine Forderungen nach einem lernerzentrierten, problemorientierten und einsichtigen Unterricht in einem authentischen Lernumfeld werden von einem immer größeren Teil der praktizierenden Pädagogen zumindest in seinen Grundzügen anerkannt [HAMM 2000].

Dabei sind viele der Erkenntnisse im Konstruktivismus nicht neu, sondern sind im Rahmen des Kognitivismus bereits diskutiert worden.

Aus konstruktivistischer Sicht ist Lernen ein aktiver, individueller, konstruktiver Prozess, der in einem bestimmten Handlungskontext stattfindet. Damit ist Wissen keine Kopie der Wirklichkeit, sondern eine interne und individuell unterschiedliche Konstruktion jedes einzelnen Menschen. Jeder Kontakt mit der Umwelt löst einen Lernprozess aus, der allmählich zur Bildung eines individuellen Wissensnetzes beim Lerner führt. Im Konstruktivismus befindet sich nicht mehr der Lehrende, sondern der Lerner im Mittelpunkt der didaktischen Bemühungen. Die praktische Anwendung von Lehrinhalten steht im Fokus, abstraktes Faktenwissen wird für unnötig gehalten.

Besonders für das Gebiet computerunterstützter Lernmaterialien und Lernumfelder kommen viele neue und positive Anregungen aus dem Konstruktivismus. Es werden sinnvolle Einsatzarten des Internets aufgezeigt und der Computer wird integrativer Bestandteil einer konstruktivistischen Lernumgebung. Es wird besonders auf die Bedeutung und Vorzüge der hypermedialen Möglichkeiten des Computers hingewiesen. Dabei stützen sich die konstruktivistischen

Ansätze nicht nur auf die sowieso schon positiven Ausgangspunkte der Kognitivisten, sondern sie erweitern zusätzlich seine Rolle auf die eines soziokulturellen Mediators. Der Konstruktivismus sieht, zum Beispiel im Gegensatz zur Waldorfpädagogik, den Computer nicht als "sozialen Schädling", sondern misst ihm gerade auf einer kommunikativen Ebene sehr viel Bedeutung bei. Seine interaktiven Fähigkeiten werden als positiv bewertet. Als Werkzeug zur Lernkontrolle ist er im Sinne des Konstruktivismus allerdings ungeeignet [HAMM 2000].

Nach Häfele sind trotzdem fundamentale „Wissensbausteine“ erforderlich, die auch geprüft werden müssen, unabhängig davon, dass der Lernprozess damit freilich noch nicht abgeschlossen ist und der wichtigste Teil, die Vernetzung erst noch stattfinden muss [HÄFE 2004].

Konstruktivistische, computergestützte Lernanwendungen können viele verschiedene Formen annehmen, eines aber ist ihnen allen gleich: Sie bieten dem Lernenden eine offene, reichhaltige Lernumgebung und unterstützen ihn damit auf seinem Weg zu einem selbstbestimmten und interaktiven Lernen. Der Konstruktivismus fordert eine Abkehr vom Modell des instruktionalen Lehrers. Dieser müsse sich zu einem konstruktivistischen Wissensverwalter wandeln, der zwar die notwendigen Lernbausteine anbietet bzw. empfiehlt und deren Relevanz und Werte vermittelt jedoch ansonsten eine vorrangig betreuende Funktion erfüllt. Diese neu definierte Rolle des Lehrenden ist zugleich der größte Kritikpunkt des Konstruktivismus.

Im Bereich des computergestützten Lernens fordert die konstruktivistische Pädagogik, dass der Schwerpunkt des Interesses von den Lernergebnissen (z.B. Lernzielkontrollen) auf die Lernprozesse verschoben werde müsse. Brown fordert dazu die Verwendung folgender fünf Mittel, die unterschiedliche Zwecke verfolgen [KERR 2001]:

- empowering learning enviroment → Förderung der Kreativität
- games → Förderung der Motivation
- kognitive Werkzeuge → Förderung des Verstehens kognitiver Prozesse
- sonstige Werkzeuge → Förderung des Schreibens und Argumentierens
- Programme, die das Denken der Lerner spiegeln und sie damit beim Denkprozess unterstützen.

Streng genommen ist der Konstruktivismus keine einheitliche Position, da es sowohl sehr radikale Formen als auch gemäßigte Formen, wie das so genannte situierte Lernen, das teilweise auch als situierte Kognition bezeichnet wird, gibt [ISSI 2002].

Aus konstruktivistischer Sichtweise ist Lernen stets eingebettet in einen sozialen Kontext und wird auf eine reale Situation angewandt. Diese Erkenntnis ist Grundlage des situierten Lernens, das nach Law und Wong mit Hilfe folgender Merkmale beschrieben werden kann [LAW 1996]:

- Wissen ist immer situiert, daher ist Lernen auch immer situiert. Das bedeutet, dass das Lernen an die Lerninhalte und die Erfahrungen der Lernsituation gebunden ist.
- Wissen wird durch den Lernenden aktiv konstruiert und nicht passiv erworben.
- Das Wissen in einer Gesellschaft ist „geteiltes Wissen“. Das bedeutet, dass Wissen in einem sozialen Austausch entwickelt wird.
- Das Denken und Handeln einer Person kann nur verstanden werden, wenn der entsprechende (soziale) Kontext bekannt ist, vor dessen Hintergrund die Person gelernt hat.

3.1.2.5 Vergleich

Zum Vergleich der drei beschriebenen Lerntheorien kann man sich eine Analogie aus dem Tierreich zu nutze machen.

Wir denken uns eine Maus in einem Versuchslabor. Diese wird zunächst klassisch konditioniert, d.h. immer, wenn sie einen Piep von sich gibt, bekommt sie eine Belohnung in Form von Futter (Behaviorismus). Wenn es der Maus aber gelingen sollte ein kompliziertes Labyrinth zu durchlaufen, um an das Futter zu gelangen, hat sie im Sinne des Kognitivismus gelernt. Wird die Maus in eine konstruktivistische Lernumgebung verfrachtet, müsste sie sich das zuvor erwähnte Labyrinth zunächst selbst konstruieren, um anschließend mit Futter belohnt zu werden.

3.1.3 Taxonomie von Lernzielen

In den 1950er Jahren versuchte man Lernziele präziser zu beschreiben und zu strukturieren. Das Problem wurde gelöst, indem man so genannte Taxonomien aufstellte. Eine Taxonomie ist eine theoretisch begründete Klassifikation, die es erlaubt, zu einer bestimmten Ordnung oder Einteilung von Ereignissen – also auch von Lernzielen – zu kommen [KÜFF 1981]. Die einzelnen Ebenen der Taxonomie stehen in einem definierten Verhältnis zueinander. Die Anwendung von Taxonomien hat ihren Ursprung in der Biologie. Dort hat man sie zur hierarchischen Systematisierung der verwandtschaftlichen Beziehungen zunächst von Pflanzen und später von allen Lebewesen verwendet.

In der pädagogischen Psychologie berücksichtigt eine vollständige Taxonomie den kognitiven, den affektiven (Veränderung von Interessen, Einstellung, Motivation) und den psychomotorischen (manipulative und motorische Fähigkeiten) Bereich [BLOO 1976].

Für diese Arbeit sind insbesondere Taxonomien des kognitiven Bereichs von belang. Benjamin Bloom war 1956 der erste, der mit seiner Veröffentlichung „Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich“ eben eine solche definierte. Nach wie vor ist diese die am weitesten verbreitete und soll auch Grundlage zu dieser Arbeit sein.

An dieser Stelle ist ein kurzer Exkurs zu dem Thema Lehrziel / Lernziel erforderlich. Die Frage, ob es Lehr- oder Lernziel heißen muss, ist genauso alt wie die Pädagogik selbst. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Steigerung der

Lerneffizienz durch den Einsatz computergestützter Lernkontrollen. Für den Lerner ist entscheidend, welches Lernziel er erreicht. Deshalb wird im Folgenden der Begriff Lernziel favorisiert, es sei denn, die Sichtweise des Lehrenden und damit das Lehrziel sind maßgebend. Dann wird auch der Begriff Lehrziel verwendet.

Die Tabelle 3-1 stellt die Haupt- und zugehörigen Unterklassen der Bloomschen Taxonomie dar:

Tabelle 3-1 Taxonomie nach Bloom [BLOO 1976]

WISSEN	Untergeordnete Klassen
Das Wissen umfasst das Erinnern von gelernten Fakten, Begriffen und Regeln ohne dabei zu berücksichtigen, ob Verständnis vorliegt oder ob Beziehungen gesehen werden.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ von Fakten ▪ von Terminologien ▪ von Wegen und Mitteln (z.B. Normen) ▪ von Konventionen ▪ von Trends und zeitlichen Abläufen ▪ von Klassifikationen und Kategorien ▪ von Kriterien ▪ von Methoden ▪ von Verallgemeinerungen und Abstraktionen ▪ von Prinzipien ▪ von Theorien und Strukturen

VERSTEHEN	Untergeordnete Klassen
Mit dieser Kategoriestufe wird das niedrigste Verständnisniveau angesprochen. Der Lerner kann zwar in eigenen Worten Zusammenfassungen des Gelernten geben, Beziehungen zu anderen Informationen und Implikationen werden auf dieser Ebene allerdings nicht verlangt.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ übersetzen ▪ interpretieren ▪ extrapolieren

ANWENDUNG	Untergeordnete Klassen
Diese Ebene umfasst die Auswahl und Anwendung einer Methode, Regel oder Idee zur Lösung eines Problems in einer gegebenen Situation.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Schritte eines Anwendungsprozesses (z.B. Berechnungen)

ANALYSE	Untergeordnete Klassen
Vom Lernenden wird gefordert, eine Gegebenheit in ihre Teile zu zerlegen, d.h. Ideen zu identifizieren, ihre Hierarchie sowie die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen zu erkennen.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ von Elementen ▪ von Beziehungen ▪ von ordnenden Prinzipien

SYNTHESE	Untergeordnete Klassen
Die Synthese fordert vom Lerner, Elemente zu einem Ganzen zusammen zu fügen. Zuvor identifizierte Teile bzw. Ideen werden neu geordnet und kombiniert, damit das Lernmaterial zu einer Klarheit gebracht wird, die zuvor nicht bestanden hat.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung einer einzigartigen Nachricht ▪ Einwerfen eines Plans für bestimmte Handlungen ▪ Ableiten einer Folge abstrakter Beziehungen

BEWERTUNG	Untergeordnete Klassen
Diese Ebene besteht im Finden eines Urteils bezüglich des Wertes von Material und Methoden, die für bestimmte Zwecke eingesetzt werden.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beurteilen aufgrund innerer Evidenz ▪ Beurteilen aufgrund äußerer Kriterien

Freilich war Bloom nicht der einzige, der Taxonomien im kognitiven Bereich erstellt hat. Weitere wurden zum Beispiel von Ausubel, Gagné und Merrill definiert. Die Unterschiede bei den Taxonomien sind relativ gering, wie die Tabelle 3-2 zeigt.

Tabelle 3-2 Vergleich verschiedener Taxonomien

BLOOM	AUSUBEL	GAGNE	MERRILL
knowledge	rote learning	verbal information	remember verbatim
comprehension	meaningful verbal learning	verbal information (2)	remember paraphrased
application		intellectual skills	use-a-generalality
analysis synthesis evaluation		cognitive strategies	find-a-generalality

3.1.4 Lernen aus neurologischer Sicht

Bereits bei der Geburt hat jeder Mensch die komplette Anzahl an Nervenzellen, immerhin ca. 100 Milliarden. Beim Neugeborenen sind diese in einem gleichmäßig dichten Netz integriert. Bis zum 2. Lebensjahr nimmt die Zahl der Verbindungen (Synapsen) stetig zu. An einer Nervenzelle können bis zu 50.000 Synapsen anhaften. Anschließend wird regelrecht ausgelichtet. Es bleiben nur Verbindungen erhalten, die immer wieder benötigt werden; die anderen verkümmern allmählich. Mit der Pubertät ist dieser Prozess weitestgehend abgeschlossen, so dass im Erwachsenenalter ein gut strukturiertes, aber auch relativ starres Nervennetz zur Verfügung steht, wie in Abbildung 3-4 dargestellt ist. Um den Betrieb im Kopf aufrecht zu erhalten, benötigt das menschliche Gehirn ca. 18 Prozent der täglichen Kalorienaufnahme. Prozesse wie das Lernen, die das Gehirn stark fordern, sind nicht zu Unrecht als harte Arbeit anzusehen.

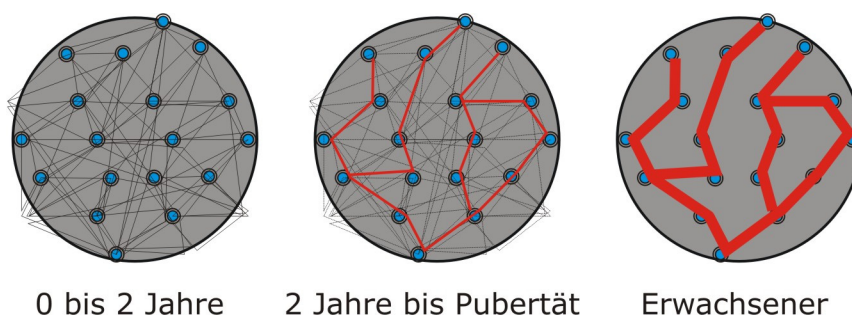


Abbildung 3-4 Neuronales Netz in unterschiedlichen Entwicklungsstadien [SCHE 2001]

Beim Lernprozess werden eine große Menge an Stimuli, das heißt Informationen jeder Art, den Sinnesorganen angeboten. Die Stimuli nimmt das sensorische Gedächtnis zwar fast alle auf, allerdings nur für maximal eine Sekunde. Danach werden fast alle wieder vergessen, was wegen der riesigen Anzahl auch unbedingt notwendig ist, und nur wenige können im Kurzzeitgedächtnis zwischengespeichert werden, weshalb man dieses auch als Arbeitsspeicher bezeichnet. Ein Grund dafür liegt in der geringen Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses, dass maximal fünf plus minus zwei so genannter „chunks“ speichern kann [MILL 1956]. Ein chunk kann dabei ein Buchstabe, eine Silbe, ein Wort, ein ganzer Satz oder zum Beispiel auch ein Bild sein. Entscheidend ist, dass ein solcher chunk damit eine Art Platzhalter für eine uns sinnvoll erscheinende Gruppierung aus mehreren Einzelinformationen darstellt. Das heißt mit einem einzelnen chunk werden sofort eine Reihe weiterer bereits bekannter Informationen verbunden. Auch jetzt muss es wieder schnell gehen, denn unser Kurzzeitgedächtnis hat nach ca. 40 Sekunden seinen kompletten Inhalt vergessen; es sei denn, der Hippocampus hat einen chunk für lohnenswert erachtet und ihn vorläufig ins Langzeitgedächtnis verfrachtet. Doch diese Information ist noch keineswegs gefestigt, weitere Maßnahmen, wie Vertiefungen und Wiederholungen, müssen getroffen werden, damit der Lerninhalt dauerhaft im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird [BRAN 2006].

Diese Erkenntnisse sind bereits seit längerem bekannt. Neuere Forschungsergebnisse in den Neurowissenschaften schlüsseln immer präziser auf, wie unser Gehirn funktioniert, wie Informationen abgespeichert werden, welche Reaktionen dabei ablaufen und wie diese zu

beeinflussen sind. Lernen im Sinne der Neurowissenschaften bedeutet, Informationen im Gehirn zu verankern, dass sie jederzeit abrufbar sind. Dies geschieht, indem sich die Nervenzellen immer besser auf bestimmte Inputsignale einstellen. Das Gehirn ist dabei ein hoch dynamisches System, das sich selbst organisiert [SING 2002]. Da eine Nervenzelle immer eine Repräsentation für etwas darstellt, wird sie infolge der Wahrnehmung des zugehörigen Reizes regelrecht „befeuert“. Sie wird nun entweder neue Synapsen bilden, was vor allem in jungen Jahren geschieht, oder die bestehende verstärken, indem zwischen Synapse und Nervenzelle die Verbindung intensiviert wird, was mit der Bildung zusätzlicher, so genannter dendritischer Dorne gelingt. Aus neurologischer Sicht hat dadurch Lernen stattgefunden [SPIT 2002]. Wichtig dabei ist, dass sich das Gehirn schützen muss, nicht zu viel zu lernen. Wichtiges muss vom Unwichtigen separiert werden. Das wichtige muss anschließend noch geordnet werden. Jeder Lernvorgang verändert damit auch die Netzstruktur in unserem Gehirn.

Mit der neueren Hirnforschung ist es erstmals möglich, die empirisch gewonnen Modelle der Pädagogik unmittelbar wissenschaftlich zu prüfen. Die Hirnforschung kann einen essentiellen Beitrag zur Schaffung neuer Lernmodelle leisten.

Die wichtigsten Erkenntnisse dabei sind:

- Der Mensch begreift am schnellsten, was er mag. Lernen mit Lust bringt mehr als sture Büffelei. Verantwortlich dafür sind keine Willensentscheidungen der Lerner, sondern biochemische Prozesse im Gehirn.
- Glücksgefühle und so genannte Aha-Erlebnisse beeinflussen den Lernprozess positiv.
- Es bereitet große, in Sinne des Lernerfolgs positive Lust, eine Lösung bei einer neuen, nicht zu einfachen Aufgabe selbständig zu finden.
- Je mehr Emotion beim Lernen auftritt, desto besser wird die Information vernetzt eingebunden.
- Vernetzungspunkte (vor allem Fakten) sind notwendig, um als Ankerpunkte neue Information in das Netzwerk einzubinden.
- Unter negativen Emotionen Gelerntes, schafft nur selten den Weg ins Langzeitgedächtnis.
- Bedeutungen können nicht vom Lehrenden auf den Lerner übertragen werden, sondern müssen immer vom Gehirn des Lerners konstruiert werden [ROTH 03].

Aber welche Prozesse laufen dabei im Gehirn ab? Durch das Mögen eines Lerninhalts oder durch ein Aha-Erlebnis erfahren wir einen Glücksrausch, der, ausgelöst durch den Botenstoff Dopamin, körpereigene Opiate (endogene Opioide) zur Ausschüttung im Gehirn bringt [SCHE 2003]. Weil dieses Gefühl als angenehm empfunden wird (Belohnungs- oder Glückssystem), streben wir in Folge dessen zu immer mehr, das heißt Lernen wir zum Genuss. Dies funktioniert aber nicht unendlich lange, weil Einflüsse, wie aufkommende Müdigkeit und Konzentrationsschwächen, den Prozess wieder erlahmen lassen. An dieser Stelle könnte man nun medikamentös eingreifen und die Dopaminausschüttung wieder in Gang bringen, auch

und insbesondere dann, wenn die Konzentrationsfähigkeit sehr gering ist. Eines der bekanntesten Medikamente, die das bewirken, ist Ritalin. Eigentlich für Kinder mit Hyperaktivität entwickelt, werden die Pillen bereits von 7 Prozent aller College-Studenten in den USA konsumiert [KUTT 2005]. Ein Nebeneffekt von Ritalin ist die Verbesserung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Studien haben gezeigt, dass Ritalin nicht süchtig machen soll. Neuere und bessere Präparate sind in Vorbereitung. Als Beispiel sei das Medikament MEM-1414 genannt, welches in unserem Kopf ein Einweiß aktiviert, das zur Speicherung im Langzeitgedächtnis notwendig ist.

Im Jahre 2004 hat man festgestellt, dass Patienten, die an Phobien leiden und diese mit Hilfe psychiatrischer Behandlungen loswerden möchten, wesentlich schneller ihr Leiden „vergessen“, wenn sie dazu das Medikament D-Cycloserin – eine Aminosäure – einnehmen. Da das Vergessen von Phobien aus neurologische Sicht auch nur ein Lernvorgang ist, kann man schlussfolgern, dass das Medikament die Lernleistung erhöht. Nun handelt es sich dabei um ein Tuberkulosepräparat, das im eigentlichen Anwendungsfall in sehr großen Mengen, aber zur Steigerung der Lernleistung nur in sehr geringen Mengen eingenommen werden muss. D.h. die Nebenwirkungen sind bekannt und treten durch die geringe Dosierung nur äußerst selten auf [SPITZ 2008]. Meines Erachtens wird in Zukunft der Bereich der medikamentösen Lernförderung immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Wie bereits erwähnt, unterstützt Emotion den Lernprozess: Dabei ist zwischen positiver und negativer Emotion zu differenzieren, denn Gelerntes wird, je nach Stimmungslage, in unterschiedlichen Bereichen unseres Gehirns abgelegt. Das heißt, dass Emotion ein Ordnungsprinzip unseres Gehirns ist. Die entscheidende Rolle kommt dabei dem limbischen System zu, das in Abbildung 3-5 dargestellt ist. Es vermittelt Affekte, Gefühle und Motivation und ist auf diese Art und Weise einer der Hauptkontrolleure des Lernerfolgs. Spitzer bezeichnet die Emotion als Lernturbo [SPIT 2008a]. Deshalb sollte man in der Vorlesung den wichtigsten Lernstoff mit viel Emotion verbinden [BRAN 2006].

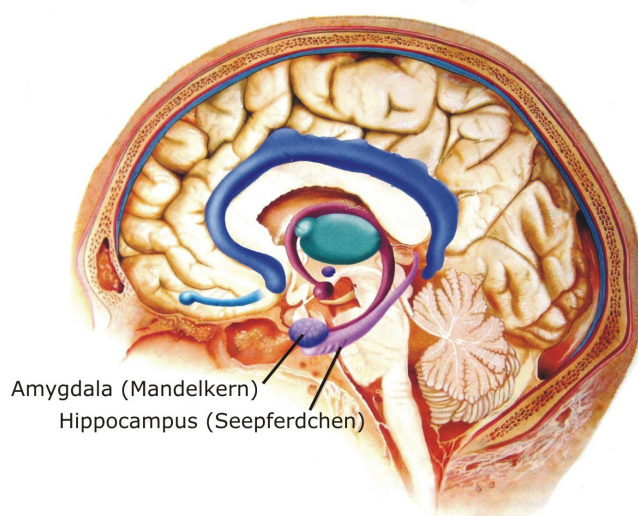


Abbildung 3-5 Hauptakteure des limbischen System - Hippocampus und Amygdala [CHEE 2001]

Bei positiver Emotion wird der so genannte Nucleus accumbens, auch als Glückssystem bezeichnet, aktiviert. Dies geschieht vor allem dann, wenn etwas – das Glück – besser als erwartet oder unerwartet eintrifft, woraufhin das Lernen unter der „Dopamin-Dusche“ einsetzen kann [SCHE 2003]. Folglich wird vorrangig der Hippocampus sehr aktiv zur Datenverarbeitung genutzt. Im Englischen mit „Hub“ bezeichnet, erfüllt er die Funktion als zentraler Netzknoten und ist eine Art „Trainer und Lehrer des Kortex“ [SPIT 2002, S.22], d.h. er entscheidet, welche Daten über einen langsamen Transfer in der Gehirnrinde (Langzeitgedächtnis) gelangen. Wenn man einem Patienten den Hippocampus in beiden Gehirnhälften operativ entfernt, führt das dazu, dass dieser zwar immer noch intelligent sein kann, jedoch nicht mehr in der Lage ist, neue Informationen abzuspeichern und somit in der Zeit stehen bleibt [BRAN 2006]. Positive Emotion kann auch durch multimediale Elemente ausgelöst werden. In diesen Zusammenhang ist auch das spielerische Lernen zu sehen. Durch eine angenehme, kurzweilige Lernumgebung wird eine positive Wirkung auf den Lernprozess erzeugt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Edutainment, dem aus den englischen Begriffen Education und Entertainment gebildeten Neologismus.

Bei negativen Emotionen, wie zum Beispiel Angst und Stress, bleibt der Hippocampus weitestgehend inaktiv und die Datenverarbeitung übernimmt der Mandelkern (Amygdala). Dieser kann erheblich weniger Informationen verarbeiten und nur wenige Daten können in den Kortex eingebracht werden. Der Grund dafür liegt in der Hauptfunktion dieses Hirnareals, nämlich der Auslösung einer Wut- oder Fluchtreaktion. Wenn man nämlich in der Frühgeschichte der Menschheit auf einen Säbezahlntiger traf, konnte man nicht mehr lange nachdenken, was nun zu tun sei, sondern musste sofort flüchten. Menschen, die das versäumt haben, sind genetisch ausgestorben. Auf der einen Seite führt der Mandelkern zu blitzschnellen Entscheidungen und veranlasst die Ausschüttung von Adrenalin etc., auf der anderen Seite lässt er dafür kein kreatives Denken zu. Angst und Kreativität schließen sich aus. Das schlimme dabei ist nun, dass obwohl heute eigentlich niemand mehr Angst vor einem Säbelzahnntiger haben muss, die negativen Emotionen weiterhin die positiven stechen, d.h. Lernprozesse laufen bei negativer Emotion, wenn überhaupt, nur sehr langsam ab, da die Ausschüttung von Dopamin stark reduziert wird [LEDO 1998]. Deshalb bezeichnet Spitzer das Glückssystem auch als Lernsystem, denn man lernt, wenn man glücklich ist und ist glücklich, wenn man lernt [SPIT 2008a].

Informationen, die einerseits über den Hippocampus und andererseits über den Mandelkern ins Gehirn gelangen, werden auch an unterschiedlichen Stellen im Kortex gespeichert, so dass es zu keiner Vernetzung und zu keinem Austausch der Daten untereinander kommt. Wenn man also häufig unter Stress und Angst lernt, werden die Daten nicht in die unter normalen Bedingungen geschaffenen Strukturen eingebunden. Informationen, die einmal im emotional negativen Areal verankert sind, bleiben immer damit verbunden und können nicht mehr ins leistungsfähigere, emotional positive Areal überführt werden.

Faulheit wird von unserem Gehirn als sehr angenehm empfunden, denn dann muss unser Gehirn weniger leisten, schaltet in einen „Alles-bestens-Modus“ und sieht keine Notwendigkeit zu arbeiten, d.h. Kalorien zu verbrauchen. Dieses Verhalten ist zutiefst menschlich und muss insbesondere bei Kindern gelegentlich auch unter Zuhilfenahme von ein wenig Zwang

verhindert werden. Immerhin sterben täglich durchschnittlich 6.000 Nervenzellen ab, weil Sie nicht genutzt werden; bei geistiger Unterbeschäftigung sind es noch deutlich mehr [CASP 2006]. Der Grundsatz des Gehirns lautet: „Use it or loose it!“

Unabhängig vom Grad der Faulheit schafft unser Gehirn die tägliche Aufnahme von lediglich zehn komplexen Neuigkeiten, behauptet der Magdeburger Hirnforscher Scheich [THIM 2002]. Das heißt, wenn in einer Vorlesung um 8:00 Uhr morgens sehr viele neue komplexe Informationen vermittelt werden, speichert unser Gehirn das Wissen zunächst folgerichtig im Hippocampus ab. Auf die Vorlesung um 10:00 Uhr könnte der Student in diesem Fall aber verzichten, denn sein Gehirn nimmt zwar weiterhin neue Informationen auf, die zuvor abgelegte Information geht aber sehr wahrscheinlich wieder verloren.

Der Grund dafür ist in der zeitlichen Verzögerung zwischen der vorübergehenden Aufnahme und der endgültigen Speicherung im Kortex zu sehen, die nach Auffassung der meisten Autoren zwischen wenigen Tagen und mehreren Monaten bis hin zu vielen Jahren dauern kann [DUDA 2004]. Scheich ist der Meinung, dass Informationen nur endgültig im Langzeitgedächtnis gespeichert werden, wenn sie mindestens 48 Stunden zuvor erstmalig aufgenommen wurden [KUTT 2005, S.68].

Von Vorteil wäre es, wenn in besagter Zeitspanne, die gleiche Information zum Beispiel auf einem anderen Vermittlungskanal oder durch eine vertiefende Übung gefestigt würde, um dann für „immer“ im Langzeitgedächtnis zu landen. Auch Schlaf und Ruhe können dazu führen, dass eine Konsolidierung des aufgenommenen Lehrstoffs erfolgt. Was letztendlich im Langzeitgedächtnis abgelegt wird, kann von uns nicht willentlich beeinflusst werden. Das Unbewusste beherrscht unser Bewusstsein mehr als umgekehrt [ROTH 2003].

Eine Gefahr für unser Langzeitgedächtnis besteht auch in der zu langen Beschäftigung mit Fehlern, denn das führt zu einer Festigung der zugehörigen „fehlerhaften“ Synapsen und ist – einmal im Langzeitgedächtnis abgelegt – nicht mehr umkehrbar.

Lange Zeit war stupides Auswendiglernen von Fakten in der pädagogischen Fachwelt zutiefst verpönt. Es galt als nutzlos, ohne didaktischen Wert. Die Hirnforschung zeigt nun, dass bei der Schaffung des neuronalen Netzes Eckpunkte (Fakten) essentiell wichtig sind, denn Synapsen brauchen stets einen Ausgangspunkt, von dem aus ein Subnetz für einen Wissensbaustein gesponnen werden kann.

Wie anfangs gezeigt, hat unser Gehirn mit (spätestens) 20 Jahren die maximale neuronale Netzdichte erreicht und verliert dann jeden Tag tausende Nervenzellen. Allerdings bleibt unser Gehirn bis ins hohe Alter plastisch, das heißt eine Stummschaltung oder Verstärkung einzelner Synapsen ist weiterhin möglich. Mittlerweile konnte man sogar nachweisen, dass auch Umstrukturierungen innerhalb des Netzwerks, das heißt die Bildung neuer Synapsen, gelingt, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang als in jungen Jahren. Eine Sensation war die Entdeckung im Jahre 1997, dass sich im Hippocampus ständig neue Nervenzellen durch Zellteilung bilden. Dass diese auch aktiv ins neuronale Netz eingebunden werden, konnte im Jahre 2000 nachgewiesen werden [SPIT 2008b]. Das heißt, dass Erwachsene zwar weiter lernen

können und auch besser als man noch bis vor kurzem angenommen hat, jedoch bei weitem nicht mehr so intensiv wie in jungen Jahren.

Das bedeutet beispielsweise auch, dass bei einer Abneigung gegen das Erlernen von Fremdsprachen und den damit verbundenen schlechten Lernleistungen während der Schulzeit das Erlernen einer neuen Fremdsprache im Erwachsenenalter quasi scheitern muss. In dem individuellen neuronalen Netz sind zu wenig Nervenzellen und Synapsen für Fremdsprachen implementiert. Für die Aufweitung eines solchen neuronalen Subnetzes gibt es auch keine Medikamente, zumindest noch nicht.

Die Hirnforschung offenbart der Pädagogik zumeist Wege, wie erfolgreiches Lernen nicht funktionieren kann und zeigt, warum bestimmte pädagogische Konzepte erfolgreich sind [KUTT 2005]. Dadurch kam und kommt es immer wieder zu Konflikten zwischen Neurowissenschaftlern und Pädagogen. Es wäre wünschenswert, wenn beide Parteien die Schaffung neuer, besserer didaktischer Modelle als eine interdisziplinäre Aufgabe sehen würden, bei der das pädagogisch Bewährte mit den neurowissenschaftlichen Erkenntnissen kombiniert wird. Spitzer hat dazu im Jahre 2004 das weltweite erste „Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen“ in Ulm gegründet.

3.1.5 E-Learning

E-Learning ist computergestütztes Lernen. Als Lernmittel kommen multimediale und telekommunikative Technologien, wie z.B. CD / DVD oder das Internet zum Einsatz. Lehrende und Lerner können dabei wie beim klassischen Fernlehren räumlich getrennt sein.

Bezüglich des Vermittlungsmediums wird E-Learning in CBT (computer-based-training) und WBT (web-based training) unterteilt.

CBT bezieht sich auf alle Lehr- und Lernvorgänge, die über CDs, als Download aus dem Internet oder über sonstige Datenmedien auf den PC geladen und dort ausgeführt werden [KLOS 2002]. Lerner lernen selbständig in Interaktion mit einem Lernprogramm. Der Lernprozess wird dabei ausschließlich vom System gesteuert.

WBT bezieht sich auf alle Lehr- und Lernvorgänge, die im Online-Modus über das Internet durchgeführt werden. Entscheidender Unterschied zum CBT ist die tutorielle Betreuung des Lernalters. Man bezeichnet diese Form auch als Online-Learning oder, halb eingedeutscht, als Online-Lernen.

Eine Mischform von CBT und WBT wird teilweise als Blended Learning bezeichnet, wobei dieser Begriff doppeldeutig ist und hauptsächlich für die gemischte Lernform aus E-Learning in Kombination mit Präsenzveranstaltungen angewandt wird.

Im Gegensatz zu didaktisch aufwändig gestaltetem und damit sehr wertvollem E-Learning wurde Anfang des Jahrtausends mit der Bezeichnung „Rapid Learning“ eine Form des E-Learning definiert, bei der Inhalte auf einfache und schnelle Weise erzeugt und publiziert werden. Die größten Vorteile dieser Lernform sind der geringe Aufwand und die geringen Kosten beim Erstellen der Inhalte. Seit 2005 wird vom Multimedia Kontor Hamburg der Ra-

pid Learning Award verliehen. Das an der TU Darmstadt mittlerweile von vielen Dozenten genutzte Autorenwerkzeug Lecturnity, mit dem Vorlesungen (inklusive der zugehörigen Präsentationsfolien) aufgezeichnet und den Studenten zum Download angeboten werden können, wird ebenfalls dem Rapid Learning zugeordnet.

Das zuletzt genannte Beispiel könnte man auch dem augmented learning zurechnen. Bei dieser Lehrform wird die Präsenzlehre durch elektronische Medien (Soft- und Hardware) unterstützt bzw. angereichert. Mühlhäuser hat für seine Vorlesungen an der TU Darmstadt den so genannten digitalen Hörsaal entwickelt, bei dem sowohl Lehrende als auch Lerner vielfältige Unterstützung zur und in der Vorlesung erhalten [MÜHL 2003].

Weiterhin wird beim E-Learning zwischen dem instruktionalisierten und dem informellen Lernen unterschieden.

Das erste, auch als formales Lernen bezeichnet, ist dadurch gekennzeichnet, dass es innerhalb einer Struktur des Bildungswesens stattfindet. Beispiele sind u.a. Schule und Universität.

In Abgrenzung dazu findet das informelle Lernen außerhalb dieser Formen statt, z.B. im Hobby, im Alltag oder in der Familie oder auch durch Beobachtung und Ausprobieren im Berufsleben. Zum informellen Lernen zählt man auch das selbstgesteuerte Lernen, z.B. mit Hilfe von computergestützten Selbstlernprogrammen oder berufsbezogenen Hörbüchern. Eine gute Definition des informellen Lernens wurde 1999 von N. Small erstellt: „Der Begriff des informellen Lernens wird auf alles Selbstlernen bezogen, das sich in unmittelbaren Lebens- und Erfahrungszusammenhängen außerhalb des formalen Bildungswesens entwickelt“ [DOHM 2001]. Das informelle Lernen ordnet man dem Konstruktivismus zu, da das Wissen vom Lerner selbst konstruiert werden muss.

Zum informellen Lernen gehören auch die neuen Lernformen des Web 2.0 und dessen Lernanwendungen, wie z.B. Podcasts, Blogs und Wikis.

Ein Podcast ist die Weitergabe von kodifiziertem Wissen mit einem festen Inhaltsrahmen. Meistens dienen dazu Audio- oder Videofiles, wie z.B. die bereits genannten Vorlesungsaufzeichnungen.

Ein Blog, auch Weblog genannt, kann folgendermaßen definiert werden: „Eine vom Autor verfasste und regelmäßig aktualisierte Webseite, deren Inhalt aus, in umgekehrter chronologischer Reihenfolge, geordneten Beiträgen besteht, die vom Autor selektierte und kommentierte Hyperlinks zu Quellen außerhalb des Blogs enthalten und über einen permanenten Referenzpunkt – dem so genannten „Permalink“ – erreichbar und archivierbar sind.“ [TOYF 2003] Ein Blog kann somit auch in selbstgesteuerten und kooperativen Lernszenarien Verwendung finden. Wenn dabei Wissen vermittelt werden soll, spricht man auch von einem K-Log (Knowledge Weblog).

Ein Wiki, bekannt durch das populäre Wikipedia, ist ein leicht zu bedienendes Autorensystem, bei dem die Inhalte mit Hilfe des Browser editiert werden können. Die Inhalte entstehen dabei in verteilter Gruppenarbeit. Das Schreiben wird zu einem gemeinschaftlichen Prozess mit der Absicht Wissen und zugehörige hierarchische Strukturen zu erzeugen. Bei einem Wiki gibt es

weder eine zeitliche Sortierung noch eine Information über den jeweiligen Autor des Inhalts, dagegen lassen sich Änderungen einfach nachverfolgen.

An der TU Darmstadt hat Lange in zwei Vorlesungen (z.B. Stabilitätstheorie) im Fachgebiet Stahlbau große Teile der klassischen, instruktionalisierten Lehre (Vorlesung, Vorrechenübung, Hausübung) durch den Einbau von Web 2.0-Anwendungen ersetzt. Mit Hilfe eines Wikis wurden die Studenten aktiv in den Lernprozess eingebunden, indem sie z.B. eigene Beiträge im Wiki verfassten. Dieses neue Lehrmodell, basierend auf dem Konstruktivismus und der Netzwerktheorie, führt dazu, dass sich die Lerner ihr Wissen selbst erzeugen. Das preisgekrönte Projekt (Best Practice Award der TU Darmstadt) hat als Ziel, ein tieferes Verständnis des Lernstoffs bei den Studenten zu schaffen [MERL 2009].

Eine noch sehr neue Form ist das Mobile Learning. Dabei werden die Lerneinheiten an das Mobiltelefon, Smartphone oder PDA des Lernalers übermittelt. Da diese Endgeräte meist über sehr kleine Displays verfügen, werden die Lerneinheiten dabei möglichst kurz und kompakt gehalten. Der Nutzen dieser Lehrform ist vor allem in der beruflichen Weiterbildung zu sehen, da dabei häufig ein Zeitmangel bei den Teilnehmern besteht. Die mobile Technik ermöglicht die unmittelbare Nutzung, überall und sofort, z.B. auf dem Arbeitsweg oder in der Mittagspause. Auch für Podcasts sind Mobiltelefone mittlerweile gut geeignet.

Zur Erstellung, Publikation und Verwaltung von E-Learning wurden LCMS (Learning Content Management Systeme) entwickelt, die das Gerüst der Lernumgebung sind. Die Schnittstelle zwischen dem LCMS und dem Lerner wird als Lernplattform bezeichnet. Eine Lernplattform zeichnet sich durch ihre Ganzheitlichkeit aus, d.h. alle Inhalte, Tools und Verwaltungsangelegenheiten (z.B. Registrierung) können zentral genutzt werden.

Lernplattformen sollten Standards berücksichtigen. Ein wichtiger ist z.B. SCORM (Shareable Courseware Reference Model), mit dessen Hilfe Lernobjekte beschrieben werden, so dass z.B. eine Portierung in andere Systeme möglich ist. Die Stiftung Warentest [STIF 2001] hat 2001 eine Checkliste veröffentlicht, mit deren Hilfe man gute E-Learning-Kurse (Online Kurse) herausfiltern kann. Die wesentlichen Aspekte sind dabei Konzept, Curriculum, Lernkontrollen, Tutoren, gemeinsames Lernen, Zielgruppen, Zeit, Technik, Kosten und Abschluss.

E-Learning existiert streng genommen seit der Einführung der programmierten Unterweisung durch Skinner. Einen Hype erfuhr es durch die immer größere Verbreitung von PCs, immer größeren Rechnerleistungen und dem allgemeinen Interesse an den neuen Medien. Im Hochschulbereich wurde das E-Learning lange Zeit nur sehr spärlich eingesetzt. Man begnügte sich häufig mit der Bereitstellung von Skripten im pdf-Format und glaubte damit schon E-Learning zu betreiben. Einen ersten Durchbruch konnte das E-Learning mit Hilfe des großen Förderprogramms „Neue Medien in Bildung“ im Hochschulsektor erreichen. In den Jahren 2001 bis 2003 entstanden mehr als 120 Lernwelten, die als Keim die E-Learning-Landschaft an den Hochschulen revolutionierten [DLRP 2004]. E-Learning war von da an in einer breiten Diskussion, die zu immer neuen Projekten führte. Viele dieser Projekte werden als so genannte Leuchtturmprojekte bezeichnet. Doch dieser Begriff war Symbol für das Ende des E-Learning Hypes der ersten Generation. Zwar strahlten diese Projekte eine hohe Attrak-

tivität aus, jedoch blieben die meisten potentiellen Nutzer auf Distanz zu diesen Leuchttürmen. Die Projekte fanden nur Anklang, wenn sie verpflichtend in das Curriculum integriert wurden.

Die Gründe dafür sind sehr unterschiedlich. Zum einen erzeugte das Förderprogramm zwar viele Lernwelten, durch die universitären Gegebenheiten verloren viele dieser Projekte anschließend aber ihr personelles Fundament, so dass heute kaum mehr als 50 dieser 120 Projekte wirklich genutzt werden oder überhaupt noch zur Verfügung stehen (Stand Juni 2008). Zum anderen fokussierte man sich bei den ersten Projekten zu sehr auf neue technische Erfindungen und vernachlässigte zu sehr die didaktische Konzeption. Ein Indiz dafür ist die Entwicklung von unzähligen Lernplattformen. Trotzdem war diese erste Phase eine Initialzündung und hat den Weg für neue Konzepte und Modelle geebnet. Das Wachstum hat sich zwar verlangsamt, bleibt aber konstant positiv.

Der von Encarnação prophezeite Tod der Almar Mater durch die Einführung von E-Learning ist allerdings bislang nicht eingetreten [ENCA 1998].

Ein wesentliches Konzept liegt in der Rückbesinnung auf die klassische Vorlesung, die klassischen Übungen und Seminare und deren Vorteilen, die vor allem in dem persönlichen Bezug des Lehrenden zum Lerner liegen. E-Learning wird nun nicht mehr als alleiniger Heilsbringer verstanden, sondern es kommt auf die Verknüpfung von E-Learning mit der klassischen Lehre an. Dieses Konzept wird als Blended Learning, häufig auch als hybrides Lernen, bezeichnet, und steht für ein Lehrkonzept, bei dem Präsenzveranstaltungen und E-Learning-Einheiten methodisch und didaktisch sinnvoll zu einem Ganzen kombiniert werden.

Den Mehrwert von Blended Learning hat Wehling an Hand des Beispiels WiBA-Net[®] nachgewiesen, in dem er Vergleichsversuche durchführte, bei denen die eine Gruppe ohne E-Learning-Anteile und die andere Gruppe mit E-Learning-Anteilen lernte, wobei die zweite Gruppe bessere Lernleistungen erzielte. Wehling bestätigt durch seine Untersuchungen auch, dass ein wenig Zwang bezüglich der Nutzung von E-Learning den Lernerfolg erhöht [WEHL 2008].

Nach Arnold ist E-Learning bzw. Blended Learning nicht mehr aus dem Studienalltag weg zu denken; entscheidend ist die sinnvolle Einbettung in den Lernprozess: „Um es polemisch überspitzt auf den Punkt zu bringen: Bildungspolitik und Bildungspraxis haben versagt, wenn es ihnen nicht gelingt, die vorherrschende frontalunterrichtliche Wissensmast durch Formen einer lebendigen, interaktiven und die Selbständigkeit der Lerner stimulierenden Bildung – und zwar Schul- und Hochschul-, aber auch Weiterbildung – abzulösen.“ [ARNO 2006, S. 23f]

Arnold weist aber auch darauf hin, dass durch E-Learning kein neues didaktisches Konzept notwendig ist, denn die Ziele bleiben die gleichen. Allerdings ist eine gute Mediendidaktik notwendig, damit die neuen Medien zielgerichtet zum Einsatz kommen und auch Akzeptanz finden.

Die wesentlichen Vorteile von E-Learning liegen auf der Hand. E-Learning ist lerneffizient, weil die Lernzeit flexibel gestaltet werden kann und damit persönliche High-Level-Zeiten

[HOLS 2002] besser genutzt werden können, weil der Aufenthaltsort grundsätzlich keine Rolle spielt und weil das Lerntempo frei und damit stressfrei gewählt werden kann.

Die TU Darmstadt hat sich zum Ziel gesetzt, dass bis zum Jahre 2013 alle Studierenden im Laufe ihres Studiums mindestens eine E-Learning-Veranstaltung besuchen und somit die für das lebenslange Lernen notwendigen Qualifikationen erwerben, dass alle notwendigen Infrastrukturen, sowohl für die telemediale Lehre als auch die angereicherte Präsenzlehre universitätsweit und rund um die Uhr adäquat zur Verfügung stehen, dass sich das technische und didaktische Know-How der Lehrenden so weit entwickelt, so dass telemediale Lehre und angereicherte Lehre zum Alltag gehören und dass Studierende und Lehrende administrative Aufgaben online erledigen. Ein Großteil dieser Forderungen ist bereits umgesetzt.

An der TU Darmstadt werden für die erfolgreiche Umsetzung der E-Learning-Strategie viele Anreize insbesondere für Lehrende geschaffen. Das Anreizsystem ist in Abbildung 3-6 dargestellt [KERR 2004].

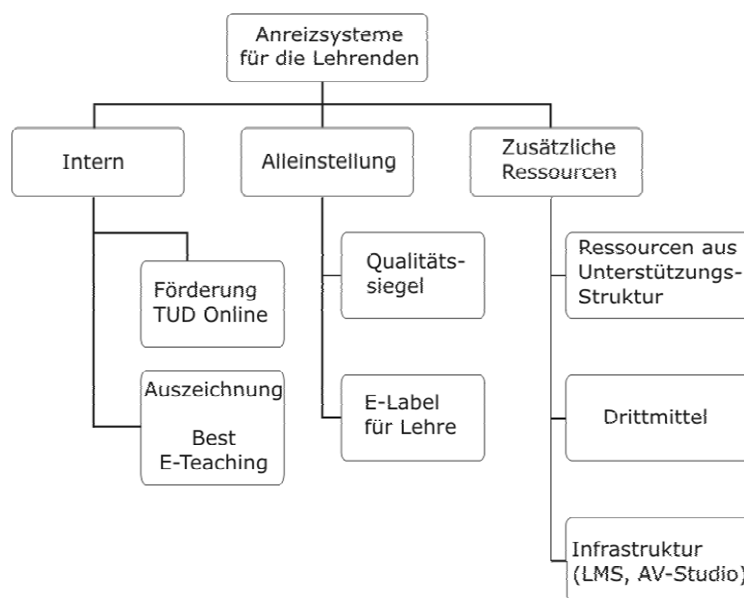


Abbildung 3-6 Anreizsystem für Lehrende an der TU Darmstadt

3.2 Tests

3.2.1 Einführung

3.2.1.1 Allgemeines

Das Wort Test entstammt dem englischen Sprachgebrauch und heißt übersetzt soviel wie Probe. Der Begriff hat sich mittlerweile im deutschen Sprachgebrauch festgesetzt, inkl. des englischen Plurals [LIEN 1998].

Tests kennt man aus allen Bereichen des Lebens. Produkte wie Autos und Haushaltsgeräte werden auf ihre Tauglichkeit getestet. Messverfahren testen, ob zum Beispiel ausreichend Spannung in einem elektrischen System anliegt. Die Mathematik testet Hypothesen und in der Medizin sind alle Diagnoseverfahren Tests. Im Bildungsbereich gibt es auch eine Reihe von Tests, von denen diese Arbeit insbesondere Lernkontrollen als Gegenstand hat.

Des Weiteren sind Tests auch [LIEN 1998]:

- Verfahren zur Untersuchung von Persönlichkeitsmerkmalen
- Vorgang zur Durchführung von Untersuchungen
- Gesamtheit der zur Durchführung benötigten Materialien
- jede Art von Untersuchung mit Stichprobencharakter
- mathematisch-statistische Prüfverfahren (z.B. χ^2 - Test)

Eine treffende Definition von Tests ist bei Lienert [LIEN 1998] zu finden: „Ein Test ist ein wissenschaftliches Routineverfahren zur Untersuchung eines oder mehrerer empirisch abgrenzbarer Persönlichkeitsmerkmale mit dem Ziel einer möglichst quantitativen Aussage über den relativen Grad der individuellen Merkmalsausprägung. Ein Test ist somit auch ein Messinstrument.“

3.2.1.2 Klassifizierung

Testverfahren können einerseits aufgrund formaler und andererseits aufgrund inhaltlicher Kriterien klassifiziert werden [BRIC 1997].

formal	inhaltlich
<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionsmerkmale • Testmaterialien • Art der Durchführung • Reaktionsarten • Auswertungsgesichtspunkte 	<ul style="list-style-type: none"> • Intelligenztests • Leistungstests • Persönlichkeitstests • etc.

Eine weitere Kategorisierung kann bezüglich der Testart vorgenommen werden:

Leistungstests	psychometrischen Persönlichkeitstests	Persönlichkeits-Entfaltungs-Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklungstests • Intelligenztests • (Hoch-) Schultests • Funktionsprüfungs- und Eignungstests 	<ul style="list-style-type: none"> • Persönlichkeitsstrukturtests • Einstellungstests • Interessentests • Klinische Tests 	<ul style="list-style-type: none"> • Formdeutungsverfahren • Verbal-thematische Verfahren • Zeichnerische Verfahren • Gestaltungsverfahren

3.2.1.3 Testanwendungsbereiche

Insbesondere in den Bereichen der Psychologie, der Medizin und den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften existieren bereits sehr viele erprobte und standardisierte Testverfahren bzw. Fragebögen [BÜHN 2004].

Die Verfahren zur Konstruktion und Analyse von Tests wurden in der Psychologie entwickelt und werden dort nach wie vor erfolgreich eingesetzt.

Tests werden auch von Medizinern und Pädagogen verwendet. Auch diese nutzen die von den Psychologen entwickelten Kriterien für gute Tests. Dabei verfolgen sie freilich unterschiedliche Ziele.

Psychodiagnostische Testverfahren werden angewendet, wenn es um „Entscheidungen“ geht, wie z.B. bei der Schullaufbahnfindung. Die wesentlichen Anwendungsgebiete von Tests sind in Tabelle 3-3 dargestellt.

Tabelle 3-3 Einige Anwendungsgebiete von Tests nach [BÜHN 2004]

Kliniken	Staatliche Verwaltung	Forensischer Bereich	Personalverwaltung	Pädagogischer Bereich	Militär	Werbepsychologie
<ul style="list-style-type: none"> • psychische Störungen • psychosomatische Störungen • somatische Störungen • Hirnschäden • Belastung und Schmerz • Krankheitsbewältigung • Therapieverlaufs- und Erfolgskontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Berufsberatung • Auslese • Jugendhilfe • Verkehrseignung (TÜV) 	<ul style="list-style-type: none"> • Strafvollzug (Haftentlassung) • Gerichtsverfahren (Glaubwürdigkeit von Zeugen, Verantwortlichkeit, Sorgerecht etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Eignung /Auslese • Arbeitsplatzgestaltung • Arbeitsanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung / Entwicklungsstörungen • Lernprozesse • Schulreife • geistige Behinderung • spezifische Lernschwierigkeiten • Leistungsstörungen • Hochbegabung • (Hoch-) Schulleistung • Intelligenzdiagnostik 	<ul style="list-style-type: none"> • Eignung 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktbeurteilung • Werbung • Einstellungsmessung

3.2.1.4 Lernkontrollen

Eine Lernkontrolle ist den (Hoch-)Schultests zuzuordnen. Eine detaillierte Betrachtung dazu ist im Abschnitt 3.2.4 zu finden. Diese Arbeit betrachtet daneben auch Interessentests, die dem Hochschullehrer einen Anhaltspunkt für die Motivation bei seinen Studierenden liefern sollen.

3.2.1.5 Diagnosemöglichkeiten

Tests und damit auch Lernkontrollen können einerseits dazu dienen einen aktuell vorhandenen Zustand zu messen (Querschnittsdiagnose) und andererseits eine Veränderung über einen größeren Zeitraum (z.B. von Semesteranfang bis Semesterende) durch mehrere Messzeitpunkte aufzuzeigen (Längsschnittsdiagnose).

3.2.1.6 Item

Ein Item ist die kleinste auswertbare Einheit bei einem Test und damit in der Regel eine einzelne Frage. Das Item wird auch als beobachtbare oder manifeste Variable bezeichnet [BÜHN 2004]. Innerhalb eines Tests wird es zwischen den verschiedenen Itemantworten Beziehungen (Korrelationen) geben. Zur Aufklärung dieser Zusammenhänge werden so genannte latente Variablen konstruiert (Konstrukte), mit deren Hilfe das Antwortverhalten beschrieben wird. Das wohl bekannteste Konstrukt ist die Intelligenz, ein weiteres ist zum Beispiel Schulleistung.

3.2.1.7 Berufsbezogene Eignungsdiagnostik

In Bezug auf berufsbezogene Eignungsbeurteilungen, insbesondere bei der Berufswahl, der Bewerberauswahl und der Berufslaufbahnplanung ist eine DIN-Norm erschienen, in der folgende grundlegenden Anforderungen definiert sind, die sich auch auf die Qualifikation von beteiligten Personen beziehen [DIN 33430 und FISS 2007].

- Grundkenntnisse und Erfahrungen der Eignungsbeurteilung
- statistisch-methodische Grundlagen
- Testtheorien (klassische und Item-Response-Theorie)
- Evaluationsmethodik einschl. Kosten-Nutzen-Aspekten
- Konstruktionsgrundlagen
- Einsatzmöglichkeiten
- Durchführungsbedingungen
- Gütekriterien
- Gutachtenerstellung

Zum Beispiel wird in den Prüfungsordnungen der TU Darmstadt und der TU Hamburg-Harburg bereits darauf hingewiesen, dass Prüfer die Inhalte der Norm zu berücksichtigen haben.

3.2.1.8 Geschichte der Tests

Erste Tests zur Intelligenzprüfung wurden bereits 1885 von Rieger in dessen Veröffentlichung „Entwurf zu einer allgemein anwendbaren Methode der Intelligenzprüfung“ beschrieben. Die Auswertung dieser ersten Intelligenztests war allerdings äußerst subjektiv [LIEN 1996]. Zur vorletzten Jahrhundertwende wurden neue mathematisch-statistische Methoden entwickelt, die eine objektive Auswertung erst ermöglichten. Hervorzuheben sind dabei die Arbeiten des britischen Psychologen Charles Spearman [SPEA 1927].

Ein neuer Umbruch ergab sich mit der Einführung von Gruppentests. Im ersten Weltkrieg wollten die USA gezielte Informationen über ihre Rekruten erhalten und entwickelten im Jahre 1917 den berühmten Army- α -Test. Durch diesen ersten großen Gruppentest ergaben sich

viele neue Fragen hinsichtlich der Auswertung von Tests. Die Entwicklung der klassischen Testtheorie nahm ihren Lauf und im Jahre 1950 wurde diese erstmals von dem Amerikaner Gulliksen definiert [GULL 1965].

In den 1960er Jahren kamen dann die kriteriumsorientierten Tests vermehrt auf. Insbesondere lernzielorientierte Tests (z.B. Lernkontrollen) wurden in den Schulen durchgeführt.

In diese Zeit fällt auch die Entwicklung der probabilistischen Testtheorie. Diese wurde vor allem durch Rasch seit Mitte der 1960er Jahre diskutiert (Entwicklung der Rasch-Modelle) [BRAN 2001].

In Deutschland kam es infolge des PISA-Bildungsschocks (2001) zu einer Bildungsoffensive, die in einer neuen Lust des „sich-testen-“, und des „sich-vergleichen-wollen“ mündete. Zahlreiche neue Quizshows entstanden und erfreuen sich nach wie vor großer Beliebtheit.

3.2.2 Testtheorien

3.2.2.1 Allgemeines

Nach DIN 33430 ist eine Testtheorie die Menge gedanklicher Annahmen über die Beziehung zwischen einer individuellen Merkmalsausprägung (z.B. Intelligenz) und einem aufgrund eines bestimmten Verfahrens festgelegten Ergebnisses. Die gewählte Testtheorie bestimmt somit die möglichen Konstruktions- und Analyseverfahren [DIN 33430].

Gegenstand der Testtheorie sind objektive Leistungstests sowie Daten von Fragebögen, Beobachtungen und Interviews. Die Testtheorie hat zur Aufgabe, die Wirklichkeit zu beschreiben und vor allem zu erklären. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Prognose zukünftigen Verhaltens. Die Abbildung 3-7 erklärt den Zusammenhang zwischen Personenmerkmal und Testverhalten nach Rost.

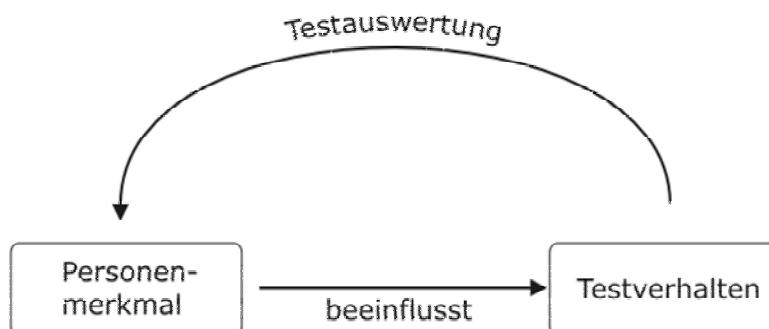


Abbildung 3-7 Der Gegenstandsbereich einer Testtheorie [ROST 2004]

Tests erfassen neben individuellen Merkmalen auch Eigenschaften, Zustände und Fähigkeiten von Personen, was allgemein als Konstrukte (z.B. Intelligenz oder Lernleistung) bezeichnet wird. Bei Leistungskontrollen kann das Konstrukt auch beispielsweise die Kompetenz zur Bestimmung eines Mischungsentwurfs für Beton sein.

Derzeit stehen für die Beschreibung von Tests zwei unterschiedliche Testtheorien zur Verfügung. Die ältere ist die klassische Testtheorie (KTT), die auch als Messfehlertheorie

bezeichnet wird, die neuere ist die probabilistische Testtheorie (IRT, Item-Response-Theorie), die zwar selten Anwendung findet, aber einige Vorteile gegenüber der KTT besitzt, da sie sich auch darum kümmert, wie und warum bestimmte Antworten auf Fragen zustande kommen. Trotzdem basieren 95 Prozent aller Tests auf der KTT, denn sie hat sich bewährt und ist wesentlich einfacher in der Handhabung [BÜHN 2004].

Bei beiden Testtheorien werden im Zuge der Testanalyse Items, die entweder zu 0 oder zu 100 Prozent gelöst wurden, aus der Auswertung ausgeschlossen; bei der IRT zusätzlich alle Personen mit einem Ergebnis von 0 oder 100 Prozent. All diese Werte liefern keine Information über die zu bestimmende Fähigkeitsausprägung.

Klassische und probabilistische Testtheorie bestehen heutzutage nebeneinander und ergänzen sich [LIEN 1996].

3.2.2.2 Klassische Testtheorie (KTT)

Die klassische Testtheorie trägt dem Umstand Rechnung, dass Testergebnisse einzelner Personen zwischen verschiedenen Messzeitpunkten variieren. Dabei liegt stets der gleiche Test zu Grunde.

Gründe dafür sind z.B.:

- positive Einflüsse:
 - Übungseffekt
 - Trainingseffekte
- negative Einflüsse
 - unsystematische äußere Einflüsse
 - unsystematische innere Einflüsse (z.B. Müdigkeit, Motivation)

Der Fehlerbegriff der KTT berücksichtigt nur die (negativen) unsystematischen Fehler. Darüber hinaus werden keine Annahmen gemacht, wie Items beantwortet werden oder wie eine Testleistung zustande kommt. Damit ist die klassische Testtheorie eine reine Messfehlertheorie.

Die Grundgleichung der KTT lautet:

$$X = T + E$$

mit:

X : beobachteter (gemessener) Wert

T : wahrer (richtiger) Wert

E : Messfehler

Daraus lassen sich zwei wesentliche Folgerungen ableiten:

1. Der Mittelwert des Messfehlers über unendlich viele Messungen einer Person und einer Messung einer beliebigen Population oder Teilpopulation ist Null.
2. Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Messfehler und dem wahren Wert einer Person, Population oder Teilpopulation. (Der Messfehler ist bei schlechten und guten Lernern gleich.)

Weiterhin gilt folgende Annahme:

Der Messfehler eines Tests A (z.B. Gedächtnistest) weist keinen Zusammenhang mit dem Messfehler eines anderen Tests B (z.B. Leistungstest) auf, allerdings nur, wenn beide Messvorgänge experimentell unabhängig sind.

Die KTT ist nur sinnvoll anwendbar, wenn bei den Messwerten sinnvoll Differenzen gebildet werden können, d.h. bildlich gesprochen, dass man mit der KTT nicht „Äpfel mit Birnen“ vergleichen kann. Für die KTT ist Intervallskalenniveau der Messwerte erforderlich, mit Einschränkung auch Ordinalskalenniveau; Nominale Skalen sind nicht einsetzbar, wie in Abschnitt 3.2.2.4 näher erläutert wird.

Die Testwerte und damit die Auswertungsergebnisse sind bei der KTT stichprobenabhängig. Für einen Intelligenztest würde das bedeuten, dass die Testkennwerte (z.B. die Schwierigkeit des Tests) je nach Probandengruppe (z.B. Hauptschüler und Abiturienten) unterschiedlich ausfallen, was ein großes Problem der KTT darstellt.

Eine wichtige statistische Methode der KTT ist die Faktorenanalyse. Sie hat in diesem Zusammenhang vier Einsatzgebiete:

- Neustrukturierung eines noch wenig bekannten Gebietes
- Schätzung von direkt nicht messbaren Größen
- Spezialprobleme
- Reduktion von (nutzlosen) Daten, insbesondere Items

Die KTT fordert die lokale statistische Unabhängigkeit der Items. In der Regel weisen die Antworten zu den einzelnen Fragen (Items) eines Tests eine mehr oder weniger hohe Korrelation auf. Wenn man nun die latente Variable (Konstrukt) als konstant annimmt, z.B. nur Personen mit gleich großem IQ betrachtet, dann dürfen die einzelnen Items eines Tests nicht mehr korrelieren. Diese als lokale stochastische Unabhängigkeit bezeichnete Beziehung ist Voraussetzung dafür, dass ein Test bzw. ein Item auch geeignet ist, die entsprechende latente Variable zu bestimmen. Dies ist nebenbei auch eine Voraussetzung der probabilistischen Testtheorie.

3.2.2.3 Probabilistische Testtheorie (IRT)

Die probabilistischen Testtheorie beschäftigt sich mit der Frage, wie Antworten auf Fragen zustande kommen. Zentrale Annahme dieser Theorie ist, dass die Antworten auf die Fragen

ein Indikator für die latente Variable (z.B. Fähigkeit) sind. Der große Vorteil dieser Theorie ist die Stichprobenunabhängigkeit, die stets mit Hilfe grafischer Verfahren oder mit einem Signifikanztest nachzuweisen ist. Sie ist insbesondere für psychologische Tests geeignet.

Ein großer Nachteil in der Handhabung der IRT ist, dass die beiden wesentlichen Einflussgrößen (Personen- und Itemparameter) geschätzt werden müssen. Durch die Schätzung wird der Umstand berücksichtigt, dass die empirisch gewonnen Itemantworten lediglich für eine Stichprobe von Personen repräsentativ sind. Die Schätzung ist notwendig, weil man einerseits für die Ermittlung der Personenfähigkeit nur eine Verhaltensstichprobe durch die Reaktion auf die Items im Test hat und weil man andererseits zur Bestimmung der Itemeigenschaften nur eine Stichprobe von Personen zur Verfügung hat, die den Test bearbeitet haben. Für die Schätzung der beiden Parameter bietet sich das Maximum-Likelihood-Verfahren an. Da dieses Verfahren aber stets eine hohe Grundgesamtheit benötigt ($N > 1000$) und dies bei den von mir untersuchten Lernkontrollen (noch) nicht gegeben war, konnte die probabilistische Testtheorie nicht für die Auswertung der Tests verwendet werden.

Wenn nach vollzogener Schätzung sowohl Item- (σ) als auch Personenparameter (θ) bekannt sind, kann man die Lösungswahrscheinlichkeit (p^+) des zugehörigen Tests mit folgender Formel bestimmen:

$$p^+ = \frac{e^{(\theta - \sigma)}}{1 + e^{(\theta - \sigma)}}$$

Die Lösungswahrscheinlichkeiten lassen sich dann für jedes Item mit einer Item-Characteristics-Curve (ICC) darstellen.

Mit Hilfe des Kurvenverlaufs lassen sich auf einfache Art und Weise Aussagen über das jeweilige Item treffen:

- Je steiler der Kurvenverlauf, desto höher ist die Trennschärfe des Items.
- So genannte Rasch-homogene Items weisen den gleichen Kurvenverlauf (gleiche Steigung) auf und unterscheiden sich nur in der Schwierigkeit. In Abbildung 3-8 sind die vier Items, dargestellt durch die vier Graphen, Rasch-homogen. Das am weitesten rechts befindliche Item weist die höchste Schwierigkeit auf, da es den höchsten Personenparameter fordert.

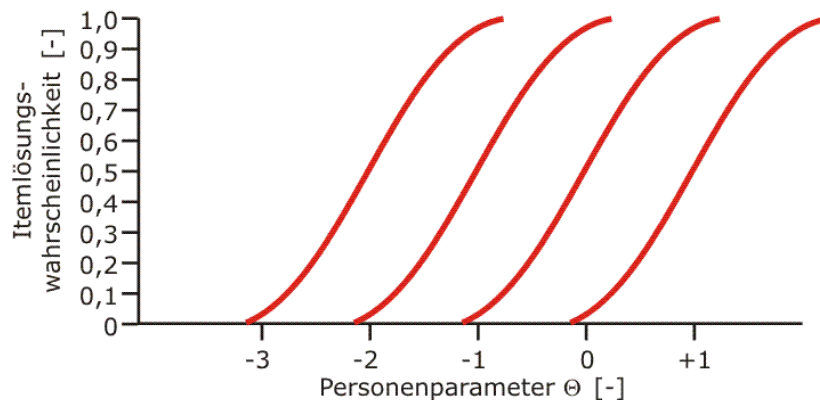


Abbildung 3-8 ICC nach Rasch-Modell – Darstellung vier Rasch-homogener Items

3.2.2.4 Skalenniveaus

Für beide Theorien sind die Testwerte bezüglich ihres Skalenniveaus zu charakterisieren.

- Nominalskalenniveau

Messungen auf dem Niveau der Nominalskala erbringen nur Informationen über Identität bzw. Nicht-Identität der vergleichenden Objekte. Identität wird dabei durch die gemeinsame Zugehörigkeit zur selben Klasse definiert. Zum Beispiel gehören Äpfel und Birnen zur Klasse Obst. Eine Unterteilung kann also nur qualitativ erfolgen. Bei Nominalskalenniveau dient der Modus zur statistischen Beschreibung.

- Ordinalskalenniveau

Die Ordinal- oder Rangskala nimmt auf dem untersten Niveau eine quantitative Unterscheidung vor. Eine Ordnung erfolgt hinsichtlich Größer-Kleiner-Beziehungen. Dabei lässt sich nur eine Aussage über den Rang, nicht aber über Differenzen zwischen den Messwerten treffen. Damit können auch keine arithmetischen Operationen durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine solche Skala sind Schulnoten von Rang 1 bis Rang 6. Bei Ordinalskalenniveau kann eine Verteilung mit Hilfe von Median und Interquartilabstand beschrieben werden.

- Intervallskalenniveau

Durch die Definition von Abständen zwischen den Skalenpunkten erhält man Intervallskalenniveau. Gleich große Differenzen zwischen einzelnen Messwerten bedeuten auch gleiche Abstände. Das Intervallskalenniveau erlaubt damit Differenzbildung und Relationen. Ein Beispiel für diese Skala ist die Skala Intelligenzquotient. Ein Proband mit einem IQ von 110 gegenüber einem mit IQ von 100 ist um das gleiche Maß intelligenter als ein Proband mit einem IQ von 125 gegenüber einem mit IQ von 115. Die Skalen von Lernkontrollen haben nicht zwangsläufig Intervallskalenniveau, sind aber stets durch einfache

statistische Verfahren dahingehend transformierbar. Bei Intervallskalenniveau ermittelt man Mittelwert und Standardabweichung, um die Verteilung der Daten beschreiben zu können. Eine Normalverteilung der Daten wird dabei vorausgesetzt und muss ggf. überprüft werden. Ein dafür gängiges Verfahren ist der Kolmogorov-Smirnov-Test.

- Verhältnisskalenniveau

Die Verhältnisskala hat das höchste Niveau der Skalenhierarchie. Alle physikalische Skalen (z.B. Gewichtsskala [kg]) weisen dieses Niveau auf. Bei den hier behandelten Testverfahren spielt das Niveau keine Rolle.

3.2.3 Gütekriterien

3.2.3.1 Einführung

Die im Folgenden beschriebenen Gütekriterien für Tests entstammen der klassischen Testtheorie, kommen aber auch in der probabilistischen Testtheorie zur Anwendung [BRAN 2001]. Eine Ausnahme stellt das Kriterium „Schwierigkeit“ dar, das in beiden Theorien unterschiedlich definiert ist. Mit Hilfe der Gütekriterien lassen sich Tests qualitativ beschreiben. Je schlechter ein Test ist, desto weniger Aussagekraft hat das Ergebnis sowohl im Allgemeinen als auch für den individuellen Probanden.

Ein guter Test ist vor allem objektiv, messgenau und zuverlässig. Die Gütekriterien sind in Abbildung 3-9 dargestellt.

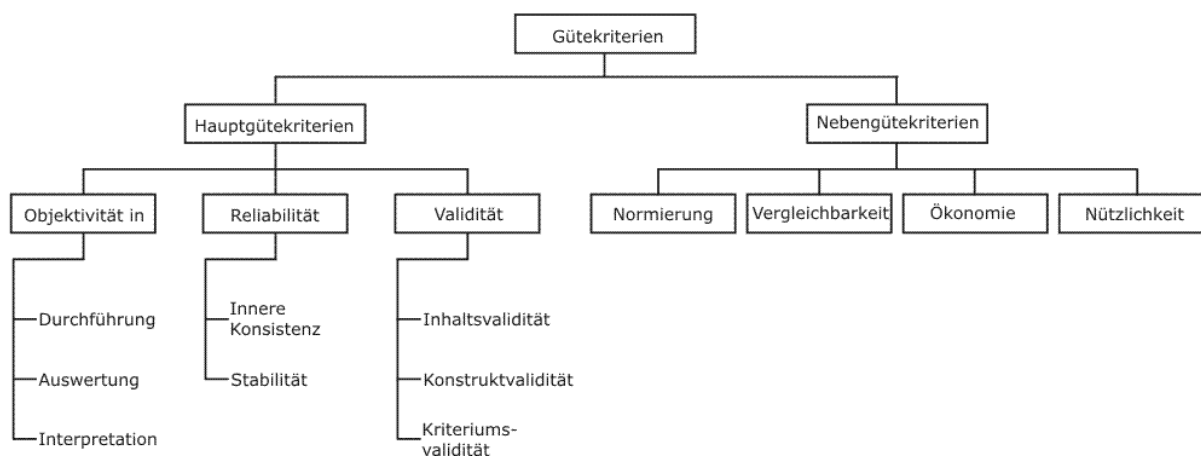


Abbildung 3-9 Gütekriterien von Tests

3.2.3.2 Objektivität (Beobachterübereinstimmung)

Unter Objektivität versteht man den Grad, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig vom Untersucher sind und somit kein individueller Entscheidungsspielraum vorhanden ist. Es werden 3 Arten von Objektivität unterschieden [KÜFF 1981].

- Durchführungsobjektivität

Die Durchführung eines Tests darf nicht variieren. Sowohl Zeitbegrenzung als auch Hilfestellungen müssen klar definiert sein. Besonders zu beachten ist eine einheitliche Instruktion. Deshalb werden sich die Ergebnisse von Tests, die auf der einen Seite in Papier-und-Bleistift-Form und auf der anderen Seite computergestützt durchgeführt werden, stets unterscheiden.

- Auswertungsobjektivität

Die Auswertungsobjektivität ist immer dann hoch, wenn genaue Auswertungsvorschriften vorliegen und somit jeder Auswerter zu dem gleichen Ergebnis kommt. Bei gebundenen Antwortmöglichkeiten ist die Auswertungsobjektivität sehr hoch.

- Interpretationsobjektivität

Die Interpretation der Ergebnisse sollte je nach Auswerter nicht variieren, d.h. jeder Proband ist mit dem gleichen Maßstab zu beurteilen, der vorab für alle verbindlich festzulegen ist.

Heller berichtet von einem Versuch zur Aufsatzbewertung [HELL 1978]. Dazu veröffentlichte man einen Deutschaufsatz in einer pädagogischen Zeitschrift und bat die Deutschlehrer unter den Lesern zu einer Benotung des Aufsatzes. Dabei kamen folgende Noten heraus:

sehr gut	→ 1 x
gut	→ 5 x
befriedigend	→ 13 x
ausreichend	→ 10 x
mangelhaft	→ 11 x
ungenügend	→ 2 x

Dieses Beispiel zeigt, wie subjektiv die menschliche Bewertung sein kann.

3.2.3.3 Reliabilität (Messgenauigkeit)

Die Reliabilität ist ein Maß für den Grad der Genauigkeit, mit dem ein Test ein bestimmtes Konstrukt misst. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Test auch das Merkmal misst, welches er zu Messen beansprucht. Letzteres wird bei dem Gütekriterium Validität untersucht, wie in Abschnitt 3.2.3.4 näher erläutert wird. Wenn ein Proband einen Test mehrfach absolviert, wird sich das jeweilige Resultat infolge von Trainingseffekten zwar verändern, bei der Bestimmung der Reliabilität wird dieser Umstand aber nicht berücksichtigt [KÜFF 1981].

Die Reliabilität ist definiert durch den Anteil der Varianz der wahren (richtigen) Werte durch den Anteil der Varianz der beobachteten Werte, d.h. der gegebenen Antworten.

$$r_{tt} = \frac{S_T^2}{S_T^2 + S_E^2} = \frac{S_T^2}{S_X^2} \quad [\text{LIEN 1996, S.176}]$$

mit:

r_{tt}	Reliabilität des Tests
S_T^2	Varianz der wahren Werte
S_E^2	Fehlervarianz
S_X^2	Varianz der beobachteten Werte

Daraus lässt sich direkt der Standardmessfehler eines Tests ableiten:

$$S_E = S_X \cdot \sqrt{1 - r_{tt}}$$

Die Anzahl der Items in einem Test wird als Testlänge bezeichnet. Eine Verlängerung des Tests durch zusätzliche Items mit gleichen Qualitätskriterien erhöht die Reliabilität. Man kann die Erhöhung mit folgender Formel vorhersagen.

$$r'_{tt} = \frac{\frac{n'}{n} \cdot r_{tt}}{1 + \left(\frac{n'}{n} - 1 \right) \cdot r_{tt}} \quad (\text{Spearman-Brown-Korrekturformel } [\text{BÜHN 2006; S.139}])$$

mit:

r'_{tt}	Reliabilität des verlängerten Tests
n'	Itemzahl des verlängerten Tests
r_{tt}	Reliabilität des bisherigen Tests
n	Itemzahl des bisherigen Tests

Die Abbildung 3-10 stellt den Einfluss zusätzlicher Items grafisch dar.

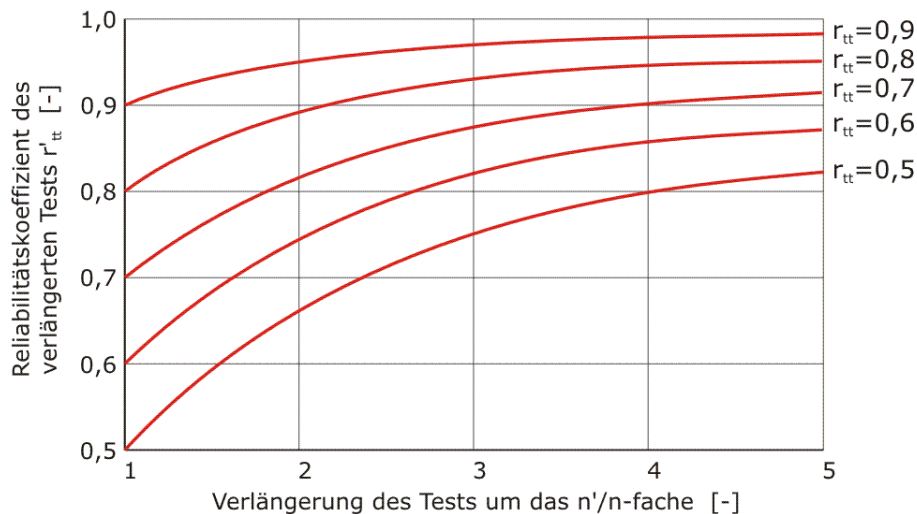


Abbildung 3-10 Nomogramm für die Erhöhung der Reliabilität durch Verlängerung eines Tests

Zur Bestimmung der Reliabilität stehen mehrere Methoden zur Verfügung, von denen die drei geläufigsten hier beschrieben werden:

- Paralleltestreliabilität

Ermittlung des Zusammenhangs zwischen zwei Tests mit unterschiedlichen Items (Itemzwillingen), die das gleiche Konstrukt messen. Die Stichprobe muss bei beiden Tests die gleiche sein. Diese Methode eignet sich besonders für Wissenstests (Lernkontrollen). Allerdings erfordert die Konstruktion von zwei inhaltsgleichen Tests einen hohen Aufwand.

- Halbierungsreliabilität (innere Konsistenz)

Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Reliabilität besteht darin, einen Test in zwei oder beliebig viele Testteile oder sogar Einzelitems aufzuteilen. Eine hohe Reliabilität liegt dann vor, wenn eine Person die Fragen oder Items in den verschiedenen Teilen immer in gleicher Art und Weise (konsistent) beantwortet oder löst. Die möglicherweise unterschiedliche Testlänge wird mit einem Korrekturfaktor berücksichtigt. Die Methode benötigt lediglich eine einmalige Testdarbietung, eignet sich somit auch gut für Lernkontrollen.

- Retest-Reliabilität (Stabilität)

Der Test wird zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt und anschließend wird die Korrelation zwischen den Testleistungen ermittelt. Diese Reliabilität ist eigentlich nur für Persönlichkeitstests sinnvoll und auch dabei können negative oder positive Lebensereignisse innerhalb des Zeitintervalls das Ergebnis verfälschen. Bei Leistungstests sind der Erinnerungs- und Trainingseffekt zu groß, um brauchbare Reliabilitätswerte zu erhalten.

Gute Tests sind reliabel. Das bedeutet, dass die Informationen über eine bestimmte Person vertrauenswürdig sind. Es kann dabei angenommen werden, dass sie zutreffend, zuverlässig,

stabil und präzise sind. Der Reliabilitätskoeffizient und der Standardmessfehler sind Maße für die Vertrauenswürdigkeit eines bestimmten Testwerts. Testwerte sind Messwerte, die mit einem Vertrauensbereich ausgestattet sind. Messfehler und die Eigenschaft sind immer miteinander vermengt [GAGE 1986].

Beispiel:

Ein Student erzielt in einem Test 40 Punkte. Der Test hat einen Reliabilitätskoeffizienten von 0,84 und eine Varianz der beobachteten Werte in Höhe von 100 (entspricht einer Streuung von 10).

Der Standardmessfehler ist somit: $S_E = 10 \cdot \sqrt{1 - 0,84} = 4$

Für die Vertrauensgrenzen (CL) für eine 95%-ige Wahrscheinlichkeit bedeutet dies:

$$CL_{95\%} = 40 \pm 1,96 \cdot 4 = 40 \pm 7,8$$

Das bedeutet, dass die Leistung des Probanden durch die relativ schlechte Reliabilität des Tests nur sehr ungenau erfasst werden kann. 8 Punkte mehr bzw. 8 Punkte weniger führen häufig zu einer entsprechend anderen Notenstufe.

Das Beispiel zeigt, wie wichtig eine möglichst hohe Reliabilität für die Bewertung von Testergebnissen ist.

3.2.3.4 Validität (Zuverlässigkeit)

Mit Hilfe der Validität wird die Frage beantwortet, ob ein Test auch wirklich das misst, was er zu messen vorgibt. Man unterscheidet zwischen Inhaltsvalidität, Kriteriumsvalidität und Konstruktvalidität. Letztendlich bestimmt zwar immer der Inhalt des Tests, was dieser misst, jedoch ist die Inhaltsvalidität nur sehr schwer messbar. Augenscheinlich lässt sich hingegen immer beurteilen, ob ein Test ein Merkmal hinreichend genau erfasst. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der Augenscheinvalidität.

Als Standard haben sich Kriteriums- und / oder Konstruktvalidität durchgesetzt. Die Kriteriumsvalidität beschreibt den Zusammenhang zwischen der Testleistung und einem oder mehreren Kriterien. Beispielsweise könnte man bei einem Studenten die Abiturnote mit der Prüfungsleistung zum Vordiplom korrelieren. In diesem Fall würde man von retrospektiver Kriteriumsvalidität sprechen. Die Konstruktvalidität beschreibt den Zusammenhang zwischen der Testleistung des zu beurteilenden Tests und der eines konstruktverwandten Tests. Zum Beispiel sollten die Ergebnisse zweier Intelligenztests miteinander stark korrelieren.

Von größter Bedeutung ist, dass gute Tests valide sind. Leistungstests sollten Inhalts- bzw. Augenscheinvalidität besitzen – eine logische Übereinstimmung zwischen dem Test und dem Bereich, für den seine Items eine repräsentative Stichprobe darstellen sollten. Valide Tests leisten das, was sie zu leisten beanspruchen [GAGE 1986].

3.2.3.5 Zusammenhänge

Die Objektivität des Tests ist das wichtigste Gütekriterium. Bei geringer Objektivität können auch die Reliabilität und die Validität nicht hoch sein. Zwischen Objektivität und Reliabilität

besteht näherungsweise ein linearer Zusammenhang, wie auch aus Abbildung 3-11 hervorgeht [LIEN 1996].

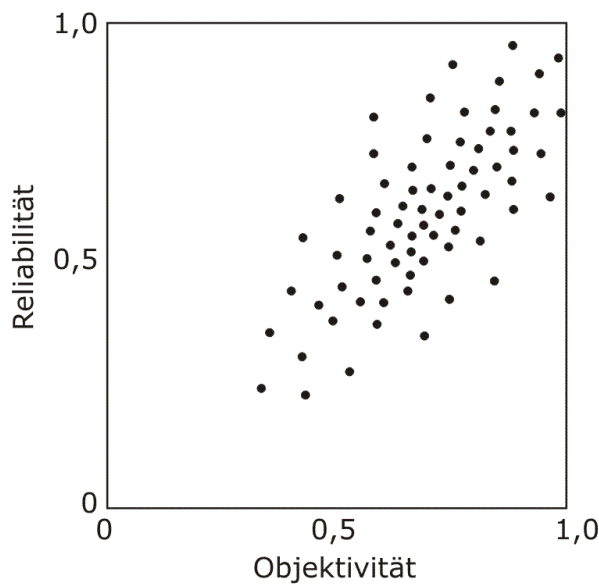


Abbildung 3-11 Zusammenhang zwischen Reliabilität und Objektivität ausgewählter Tests [LIEN 1996]

3.2.3.6 Nebengütekriterien

- Normierung

Mit der Normierung eines Tests kann das Ergebnis für eine Person kategorisiert werden, z.B. als überdurchschnittlich, durchschnittlich oder unterdurchschnittlich oder in die Noten 1 bis 5.

- Vergleichbarkeit

Dieses Gütekriterium bezieht sich auf die Vergleichbarkeit von Paralleltests, die notwendig werden können, wenn verhindert werden soll, dass Probanden voneinander abschreiben oder eine Person die Testung wiederholt durchführen muss.

- Ökonomie

Kriterien für eine gute Ökonomie sind:

- kurze Durchführungszeit
- wenig Materialverbrauch
- einfache Handhabbarkeit
- Gruppentesttauglichkeit
- einfache Auswertbarkeit

- Nützlichkeit

Nützlich ist ein Test immer dann, wenn von dem getesteten Merkmal ein Mehrwert entsteht, d.h. ein Bedarf für die Ergebnisse besteht.

3.2.3.7 Sonstige Testanalysekriterien

Schwierigkeit:

Die Schwierigkeit eines Items wird mit Hilfe des Schwierigkeitsindex P bestimmt:

$$P = \frac{N_R}{N} \cdot 100 \quad [\text{LIEN 1996, S.74}]$$

mit:

P: Schwierigkeitsindex

N_R : Anzahl der Probanden, die die Aufgabe richtig gelöst haben

N: Anzahl aller Probanden

Die Schwierigkeit eines Tests ist somit abhängig von der Anzahl der Probanden, die die Aufgabe richtig gelöst haben und der Anzahl aller Probanden einer Stichprobe.

Bei Items mit gebundenen Antwortformaten kann die richtige Antwort auch zufällig gefunden werden. Dieser Umstand wird berücksichtigt, indem die Formel durch eine Zufallskorrektur erweitert wird.

$$P_{ZK} = \frac{N_R - \frac{N_F}{m-1}}{N} \cdot 100 \quad [\text{LIEN 1996, S.75}]$$

mit:

P_{ZK} : Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur

N_F : Anzahl der Probanden, die die Aufgabe falsch gelöst haben.

m: Anzahl der Wahlmöglichkeiten

Beim Schwierigkeitsindex kann zusätzlich eine Inangriffnahmekorrektur durchgeführt werden. Diese berücksichtigt, dass Aufgaben, die zwar begonnen, aus Zeitmangel aber nicht vollständig bearbeitet wurden, anders zu berücksichtigen sind als Aufgaben, die überhaupt nicht bearbeitet wurden.

$$P_{ZK,IK} = \frac{N_R - \frac{N_F}{m-1}}{N_B} \cdot 100 \quad [\text{LIEN 1996, S.76}]$$

mit:

$P_{ZK,IK}$: Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur und Inangriffnahmekorrektur

N_B : Anzahl der Probanden, die die Aufgabe bearbeitet haben.

Trennschärfe

Die Trennschärfe ist die Korrelation zwischen einem Item und der zugehörigen Skala des gesamten Tests. Die Trennschärfe ist somit ein Parameter, der ausdrückt, wie präzise ein

einzelnes Item für die Gesamtbeurteilung ist. Das heißt, bei Wissenstests ist entscheidend, wie genau das isolierte Item eine Aussage über den Wissensstand des Probanden trifft. Auf Grund der Definition liegt die Trennschärfe immer zwischen „minus eins“ und „plus ein“. Je höher die Trennschärfe ist, desto besser trennt das entsprechende Item zwischen guten und schlechten Probanden. Eine Trennschärfe von 1 bedeutet sinngemäß, dass das entsprechende Item die gleiche Aussagekraft hat wie die Summe aller Items des Tests. Bei negativen Werten für die Trennschärfe haben bei dem entsprechenden Item mehr gute als schlechte Lerner die Frage falsch beantwortet haben. Solche Items sollten eliminiert werden.

Die Trennschärfe entspricht eine Produkt-Moment-Korrelation, die häufig auch als Pearson-Korrelation oder als bivariate Korrelation bezeichnet wird. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere bei einer geringen Anzahl von Items der Effekt der partiellen Eigenkorrelation eintreten kann. Dieser muss mit Hilfe einer Part-Whole-Korrektur wieder eliminiert werden. Folgende Formel kann dafür herangezogen werden [BÜHN 2006, S.100]:

$$r_{j(t-j)} = \frac{r_{jt} \cdot S_t - S_j}{\sqrt{S_t^2 + S_j^2 - 2 \cdot r_{jt} \cdot S_t \cdot S_j}} \quad (\text{Produkt-Moment-Korrelation part-whole-korrigiert})$$

mit:

$r_{j(t-j)}$ = Trennschärfekoeffizient der Aufgabe j mit der Skala t ,
bei der die Aufgabe j nicht berücksichtigt ist

r_{jt} = Korrelation des Items j mit der Skala t

S_j = Standardabweichung des Items j

S_t = Standardabweichung der Skala t

Bei der Selektion der Items über die Trennschärfe ist zu beachten, dass sehr schwierige Aufgaben eine sehr geringe Trennschärfe aus Gründen der mathematischen Definition besitzen. Trotzdem sollten deshalb nicht alle schwierigen Aufgaben aus dem Test entfernt werden.

Zur Abschätzung der Leistungen in einem Test, der in einem zeitlichen Versatz zu einem anderen Test von der gleichen Probandengruppe durchgeführt wird, nutzt man die Aussagekraft der Fremdtrennschärfe. Zum Beispiel kann man damit untersuchen, wie präzise ein Pretest einer Lehrveranstaltung auf das Abschlussergebnis in der Prüfung oder einem Posttest schließen lässt. Ein erfolgreich absolvierter Pretest darf dabei freilich nicht mit dem Ziel verknüpft werden, gänzlich auf die Lehrveranstaltung und die abschließende Prüfung zu verzichten [BÜHN 2004].

Zusammenhang

Zwischen Trennschärfe und Schwierigkeit besteht näherungsweise ein parabolischer Zusammenhang, der in der Abbildung 3-12 dargestellt ist. Dieser Zusammenhang wird mit Hilfe des folgenden

Beispiels erklärt:

Wenn eine Aufgabe von 50% der Probanden aus einer Stichprobe von 100 richtig beantwortet wird, so differenziert diese Aufgabe zwischen jedem der 50 Probanden, der die Aufgabe richtig beantwortet hat und jedem, der die Aufgabe falsch beantwortet hat. Die Aufgabe hat somit insgesamt $50 \cdot 50 = 2500$ Unterscheidungen zwischen je zwei Probanden getroffen. Wenn die Aufgabe nur von 20% richtig beantwortet wird, so unterscheidet sie nur noch zwischen $20 \cdot 80 = 1600$ Probandenpaaren. Bei 1% oder 99% richtigen Antworten reduziert sich die Anzahl auf $1 \cdot 9 = 99$ Unterscheidungen. Deshalb haben Aufgaben mittlerer Schwierigkeit die besten Trennschärfen [LIEN 1996].

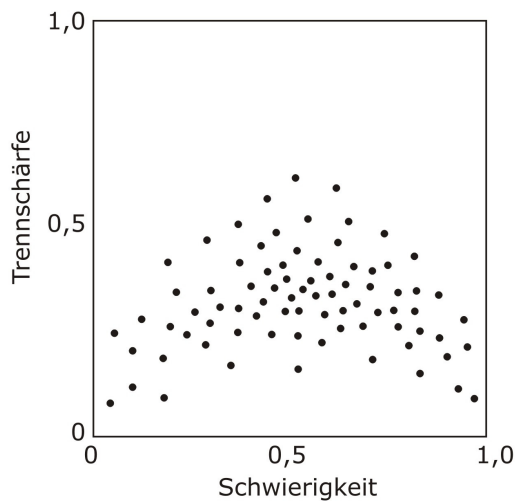


Abbildung 3-12 Zusammenhang zwischen Schwierigkeit und Trennschärfe [LIEN 1996]

3.2.4 Lernkontrollen

Lernkontrollen zählen zu den pädagogischen Tests, bei denen eine individuelle Leistung gemessen wird. Man nennt solche Tests auch lern- oder lehrzielorientierte Tests, die zu den kriteriumsorientierten Tests zählen. Bei der Leistung muss stets zwischen richtig oder falsch unterscheiden werden [BÜHN 2004].

Ein lernzielorientierter Test ist ein wissenschaftliches Routineverfahren zur Untersuchung der Frage, ob und eventuell wie gut ein bestimmtes Lernziel erreicht wurde. Das Lernziel ist stets die Grundlage für die Erstellung eines pädagogischen Tests [KÜFF 1981].

Der Sinn der Leistungskontrolle ist nicht die einmalige Abstempelung, sondern die Erarbeitung detaillierter Ergebnisse, die auf Mängel und Lücken hinweisen und zur Verbesserung, Steigerung und Erleichterung der Lehr- und Lernprozesse ausgewertet werden können. Ziel der Leistungskontrolle ist nicht, Lerner in „gute“ und „schlechte“ Lerner einzuteilen, die einen zu loben und die anderen zu tadeln, sondern herauszufinden, wie weiter gelernt werden soll, wo die individuellen Stärken und Schwächen liegen, an die angeknüpft werden kann oder welche Zusatzkurse, zum Beispiel als Onlinekurse, zu empfehlen sind [KÜFF 1981].

Klassifizierung pädagogischer Tests

Bezüglich des Testziels unterscheidet man:

a) normorientierte Tests

Diese Tests dienen der pauschalen Erfassung der Lernleistung am Ende eines Unterrichtsabschnittes mit dem Ziel der Selektion (Benotung / Zertifikat).

b) kriteriumsorientierte Tests

z.B. lehrzielorientierte (lernzielorientierte) Tests, informelle Tests

c) diagnostische (fehlerorientierte) Tests

Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Analyse der gemachten Fehler.

Ein Vergleich der unterschiedlichen Eigenschaften der 3 Testarten zeigt Tabelle 3-4 [KÜFF 1981].

Tabelle 3-4 Übersicht über pädagogische Testarten

Orientierung	normorientiert	kriteriumsorientiert	fehlerorientiert
Funktion des Tests	Selektion der „Besten“ bzw. „Schwächsten“	Lernerfolgsbestätigung, Qualifikationsnachweis, z.B. Zertifikat	kompensatorische Förderung; Steuerung des Lernprozesses
Auslesequote von Lernenden	vorher festgelegt	variabel, d.h. abhängig vom Lernerfolg	keine Auslese
hauptsächliches Konstruktionsprinzip	mittelschwere Aufgaben	Lernzielrelevanz von Testaufgaben	systematische Fehlerkunde, Fehlertypen
wichtige Analyse-kriterien	hohe Trennschärfe	Instruktionssensitivität, z.B. Differenzmaß D	Fehlersensitivität; diagnostische Relevanz
Interpretationshilfe	Normwerte	cut-off-score	Fehlerhäufigkeiten, Fehlerverteilung

Der normorientierte Test kann dabei auch ein so genannter standardisierter Test sein. Dabei handelt es sich um einen Test aus den unterschiedlichsten Fachgebieten, der auf Basis der klassischen Testtheorie aufwändig konstruiert wurde und stets hohe Werte bei den Gütekriterien aufweist. Ein Beispiel dafür ist der MTAS, der standardisierte Mathematiktest für Abiturienten und Studienanfänger [BRIC 1997]. Der Test hat eine hohe Reliabilität ($r_{tt}=0,91$). Für die Ausbildung von Bauingenieuren und Architekten stehen keine geeigneten standardisierten Tests zur Verfügung.

Zu den kriteriumsorientierten Tests zählt man die lehrzielorientierten und informellen Tests. Diese werden häufig auch Lehrertest (teacher-made-test) oder classroom-test bezeichnet.

Zwar wird auch beim informellen Test das Lehrziel bzw. das Lernziel als Kriterium überprüft, allerdings nicht mit der Maßgabe, dass möglichst alle Probanden alle Aufgaben lösen können. Die kriteriumsorientierten Tests haben zwar keine so hohe Reliabilität wie aufwändig entwickelte, standardisierte Tests, besitzen aber häufig eine sehr hohe Validität, da sie exakt auf ein spezifisches Kriterium testen [HELL 1978].

Bei den fehlerorientierten Tests spielt das Gesamtergebnis eine untergeordnete Rolle. Wichtig sind hierbei vor allem die von den einzelnen Probanden gemachten Fehler, die nach Art und Schwere analysiert werden. Somit dienen diese Tests weniger der Bewertung einzelner Probanden, sondern vielmehr der Bestimmung der Lehrinhalte für die auf den Test folgenden Lehrveranstaltungen. Zu den fehlerorientierten Tests zählt man auch die adaptiven Tests, bei denen jeder Proband Fragen entsprechend seines persönlichen Leistungsvermögens erhält. Im Anschluss an die Auswertung dieser Tests wird jedem Probanden entweder ein individualisierter Lehrinhalt oder ein zusätzlicher Test, mit dessen Hilfe die gemachten Fehler noch genauer analysiert werden, angeboten. Solche Tests werden vor allem zur Erkennung Hochbegabter eingesetzt [BECK 2004].

Fehlerorientierte Tests dürfen keinesfalls mit einer Zeitbegrenzung versehen werden, da sonst eine Verzerrung des Fehlerprofils wahrscheinlich ist. Unter Zeitdruck gemachte Fehler unterscheiden sich signifikant von sonstigen Fehlern.

Ansonsten können Leistungstests entweder als Schnelligkeitstest (Speedtest) oder als Niveautest (Powertest) konstruiert werden.

Ein Speedtest sollte leichte bis mittelschwere Aufgaben enthalten, die ohne Zeitdruck von fast jedem Probanden gelöst werden könnten. Bei dieser Testart kommt es vor allem auf die Geschwindigkeit an, mit der die Aufgaben verarbeitet werden. Neben der Anzahl der richtig gelösten Aufgaben sollte auch die Anzahl der falsch bearbeiteten Aufgaben bei der Auswertung berücksichtigt werden. D.h., bei gleicher Anzahl richtig gelöster Aufgaben, ist ein Teilnehmer mit insgesamt mehr bearbeiteten Aufgaben besser zu bewerten. Speedtests benachteiligen vor allem schwächere Lerner [KÜFF 1981]; aber auch gute Lerner können ein Problem mit der Geschwindigkeit haben. Zum Beispiel konnte Albert Einstein – unumstritten eine Person mit herausragenden Fähigkeiten – einen Test stets nur sehr langsam bearbeiten, weshalb er häufig schlechte Zensuren erhielt.

Beim Powertest (Niveautest) gibt es, wenn überhaupt, nur eine sehr großzügige Zeitbegrenzung. Schnelligkeit spielt hierbei keine Rolle. Vielmehr geht es um die Ermittlung des intellektuellen Niveaus, d.h. der Denkkraft (engl. Power). Die Schwierigkeit der Aufgaben sollte kontinuierlich ansteigen, so dass möglichst kein Proband alle Aufgaben erfolgreich lösen kann.

Die meisten Anhänger des Konstruktivismus, vor allem die der situierten Ansätze, stehen Lernkontrollen sehr kritisch gegenüber. Die folgenden Punkte zeigen die Gefahren und den Nutzen von Lernkontrollen im Sinne der Lerntheorie Konstruktivismus [KERR 2001]:

- Das regelmäßige Prüfen stellt eine Einengung des Potenzials an Erfahrungen und Lernmöglichkeiten dar.
- Andererseits sind Lernerfolgskontrollen auch als Unterstützung für den Lerner gedacht. Sie sollen verhindern, dass Lerner meinen, etwas verstanden zu haben, was sie tatsächlich aber nur flüchtig gelesen haben.
- Angebot zur Selbstkontrolle (auch im situierten Ansatz zulässig)
- diagnostischer Wert (nicht nur Punktevergabe)
- Fehler sollten unmittelbar korrigiert werden.

3.2.5 Computergestütztes Testen

3.2.5.1 Geschichte der computergestützten Tests

Die Geschichte der computergestützten Tests begann bereits im Jahre 1926 in den USA. Zwar gab es zu dieser Zeit noch gar keine Computer, aber man nutzte bereits eine mechanische Auswertungsmaschine für Multiple Choice Antworten bei Intelligenztests für die Rekrutierung von Soldaten. Diese Maschine konnte die auf den Markierungsbögen gemachten Graphitstriche auf Grund der elektrischen Leitfähigkeit des Graphits auslesen. Dieses Auswertungsgerät mit dem Namen IBM 805 war auch nach dem 2. Weltkrieg noch im Einsatz und konnte bis zu 80.000 Belege pro Stunde verarbeiten.

Im Jahre 1955 wurden optische Verfahren zum Einlesen von Fragebögen von Lindquist an der Universität von Iowa entwickelt. Dabei handelte es sich um Vorläufer der ersten Scanner.

In Deutschland kamen elektrische Auswertungsgeräte erst in den 1960er Jahren zum Einsatz: Dabei nutzte man die Weiterentwicklung des Gerätes von IBM mit dem Produktnamen IBM 1230. Zur Auswertung benötigte man für damalige Verhältnisse extrem hohe Rechnerleistungen. In diesem Zusammenhang spielte auch das Rechenzentrum in Darmstadt eine entscheidende Rolle. Mit Beginn der 1970er schwappte die so genannte Objektivierungswelle durch Deutschland, die zum verstärkten Einsatz von computerunterstütztem Unterricht (CUU) führte.

Mit der massiven Implementierung von E-Learning-Systemen seit Beginn dieses Jahrtausends wurde den computergestützten Testverfahren zu einem neuen Aufschwung verholfen. Neue didaktische Konzepte wurden zunächst nicht entwickelt, so dass erneut die behavioristischen Grundsätze zur Anwendung kamen.

3.2.5.2 Methode

Grundsätzlich ist der Computer bei Tests nur eine methodische Hilfe, die sowohl dem Testleiter bei der Erstellung, Durchführung und Auswertung von Tests hilft, als auch für den Probanden ein praktikables Werkzeug darstellt. Nahezu alle heutigen computergestützten Tests könnten auch als Papier-und-Bleistift-Test genutzt werden. Der Computer ist lediglich ein Werkzeug, das komfortabel und hoch effizient ist. Vor allem durch die Sachlichkeit und die

methodische Zuverlässigkeit des Computers weisen computergestützte Tests viele Vorteile auf.

3.2.5.3 Vorteile

Die wesentlichen Vorteile computergestützter Testverfahren sind:

- Verbesserung der Datenqualität durch die Erhöhung der Gütekriterien
 - Objektivität,
 - Reliabilität,
 - Validität.
- Ökonomische Vorteile:
 - Zeitersparnis
 - Arbeitserleichterung
 - Kostenreduktion
 - Nützlichkeit
- Nutzung von Potentialen durch
 - Multimedia
 - Interaktive und adaptive Strategien

Inwieweit diese sehr pauschalisierten Vorteile auch auf computergestützte Lernkontrollen zutreffen, wird in Kapitel 5 untersucht.

3.2.5.4 Testaufgabentypen

Die Testaufgabentypen für computergestützte Tests unterscheiden sich prinzipiell nicht von denen für Papier-und-Bleistift-Tests.

Bei allen Tests können Fragen mit offenen und gebundenen Antwortformen eingebunden werden. Bei computergestützten Tests ist die gebundene Antwortform der offenen vorzuziehen, da nur dadurch alle wesentlichen Vorteile zur Geltung kommen.

Die bekannteste Fragenart mit gebundenen Antwortformaten ist Multiple Choice.

In zahlreichen Veröffentlichungen über Tests und Testsysteme werden häufig alle gebundenen Antwortmöglichkeiten unter Multiple Choice subsumiert [STEI 2004]. Da bei den verschiedenen Formen unterschiedliche kognitive Fähigkeiten zum Einsatz kommen, lohnt sich eine differenzierte Betrachtung.

Multiple Choice (im engeren Sinne)

Eine Multiple Choice Aufgabe besteht immer aus einem Fragestamm und mehreren Wahlmöglichkeiten. Die richtigen Wahlmöglichkeiten bezeichnet man als Attraktoren, die falschen als Distraktoren.

- Multiple Choice wird häufig zur Erfassung von Wissen oder Intelligenz eingesetzt.
- Bei MC-Items im engeren Sinne gibt es zu einer Frage mehrere gebundene Antwortmöglichkeiten, von denen immer nur eine wahr bzw. richtig ist.
- Eine einfache Form von MC-Items stellen Richtig-Falsch-Aufgaben dar, bei denen als Antwort nur zwischen zwei Wahlmöglichkeiten zu unterscheiden ist.
- Die Vorteile von MC-Aufgaben sind die kurzen und ökonomischen Bearbeitungs- und Auswertungszeiten und die einfache Verständlichkeit der Antwortmöglichkeiten.
- Nachteile von MC-Aufgaben liegen in der aufwändigen Formulierung präziser Antwortmöglichkeiten, die zudem gleich wahrscheinlich bzw. unwahrscheinlich sein sollten und in dem hohen Prozentsatz an Zufallslösungen. Ferner können Aufgaben häufig durch bloßes Wiedererkennen richtig beantwortet werden. Bei Ja-Nein-Aufgaben ist festzustellen, dass Probanden häufiger „Ja“ wählen (Ja-Sager-Phänomen). Ein weiteres Problem der gebundenen Antwortform liegt in der sozialen Erwünschtheit begründet. Wenn Probanden Lösungen vorgegeben bekommen, neigen sie zum Ankreuzen von Wahlmöglichkeiten, von der sie glauben, dass diese bestimmte Lösung von ihnen erwartet wird. Beide Phänomene sind insbesondere bei psychologischen Tests von Bedeutung [BORT 2002, S.230f].

Mehrfachantwort-Aufgabe

Eine Modifikation der Multiple Choice Items ist durch die Aufhebung der Beschränkung von nur einer wahren Wahlmöglichkeit gegeben. Bei der Mehrfachantwort-Aufgabe ist es zulässig, dass sowohl keine Antwortmöglichkeit richtig ist, genau eine richtig ist (Multiple Choice), mehrere richtig sind oder alle Antwortmöglichkeiten richtig sind. Üblicherweise ist ca. die Hälfte der Antwortmöglichkeiten korrekt.

Ein Vorteil dieser Aufgabenform ist, dass bei der Beantwortung der Fragen Zufallstreffer sehr unwahrscheinlich sind.

Zu den gebundenen Aufgabenformen gehören auch die Zuordnungsfrage, die Rangfolgefrage, und die Lückenwahlfrage.

Bei offenen Aufgabenformaten ist die computergestützte Methode weniger praktikabel. Eine elektronische Auswertung von frei formulierten Texten ist zwar möglich, das entsprechende Ergebnis aber meistens unbefriedigend. Dafür sind Zufallslösungen ausgeschlossen und es sind damit Fragen auf allen Ebenen der Bloomschen Taxonomie möglich. Offene Aufgabenformate sind die Aufsatzfrage (Essay) und die Lückentextfrage.

3.2.5.5 Anforderungen an ein computergestütztes Testsystem

Bei einem computergestützten Testsystem muss zwischen technischen und didaktischen Anforderungen unterschieden werden. Ein Testsystem muss technisch einwandfrei laufen, d.h. es muss rund um die Uhr zur Verfügung stehen, sollte einfach zu verwalten sein, ein hohes Maß an Usability [MANH 2001] besitzen und somit durch eine intuitive Benutzbarkeit überzeugen und darf vor allem bei Prüfungen, bei denen gleichzeitig sehr viele Probanden auf das System zugreifen, nicht versagen. Aus didaktischer Sichtweise sollten möglichst viele unterschiedliche Fragentypen verwendet werden können, sowohl offene als auch gebundene, und der Autor sollte didaktische Hilfestellung bei der Testkonstruktion erhalten.

Aus der Psychologie ist bekannt, dass man schöne Gegenstände als attraktiv empfindet und sich deshalb gern damit beschäftigt [GAGE 1986]. Für eine hohe Akzeptanz computergestützter Testsysteme ist somit wichtig, dass das grafische Design der Tests zwar hochwertig aber auch nicht zu verspielt ist. Im Folgenden sind zwei Tests dargestellt, deren Entstehungszeitpunkt mehr als 10 Jahre auseinander liegt. Anfang der 1990er Jahre wurde bei computergestützten Tests noch wenig Wert auf eine ansprechende grafische Gestaltung gelegt, wie die Abbildung 3-13 zeigt.

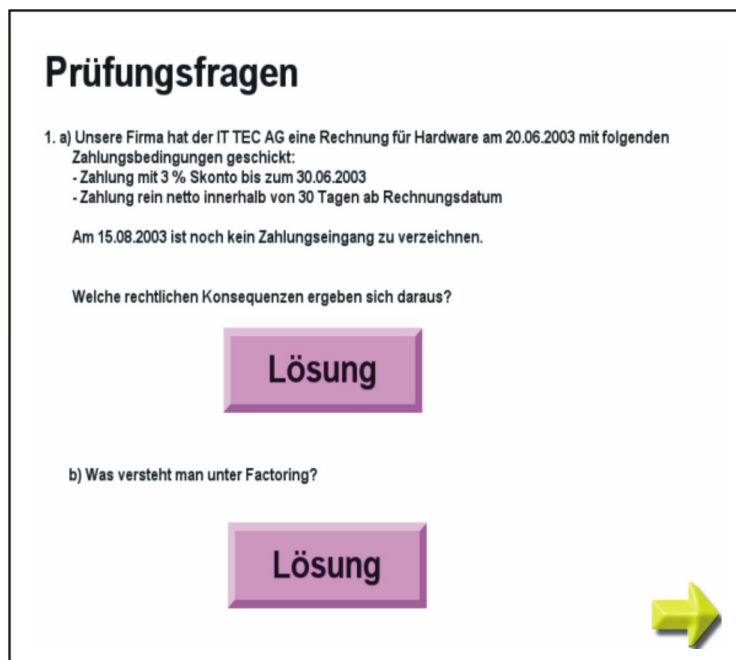


Abbildung 3-13 Design eines Tests aus dem Jahr 1993 [GÖTZ 2003]

Heutzutage findet man bei vielen kommerziellen Produkten grafisch aufwändig gestaltete Tests vor. Dadurch wird zwar eine ansprechende virtuelle Umgebung erzeugt, allerdings besteht dadurch auch die Gefahr, dass von den wesentlichen Inhalten abgelenkt wird. In Abbildung 3-14 ist ein Test zur Prüfungsvorbereitung für einen amtlichen Sportbootführerschein dargestellt.

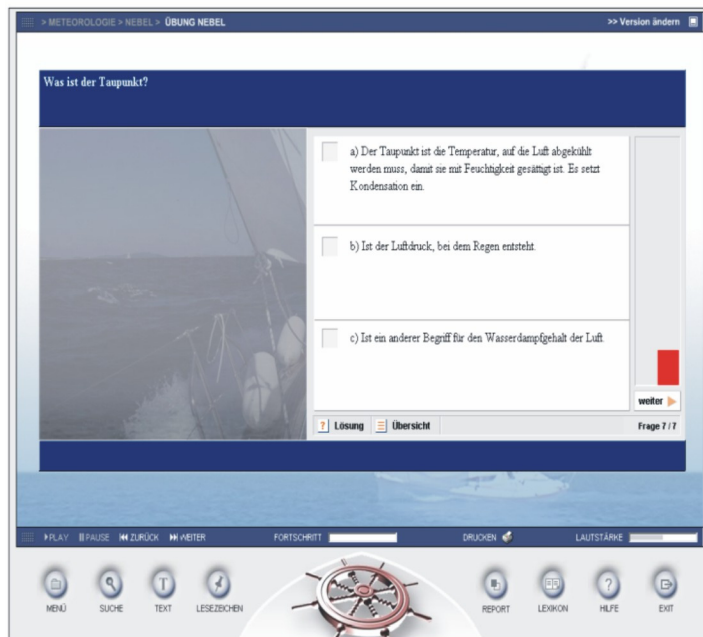


Abbildung 3-14 Design eines Tests aus dem Jahr 2004 [XPLA 2004]

3.2.6 Einfluss der Taxonomieebene

Bezüglich der Qualität computergestützter Fragen herrscht die Meinung vor, dass mit gebundenen Antwortformaten nur Inhalte der Taxonomieebenen Kenntnis, Verständnis und eventuell noch Anwendung geprüft werden können.

Gagne konnte nachweisen, dass MC-Aufgaben auf allen Ebenen geeignet sind und hat dies durch Beispiele belegt [GAGE 1986], die in Tabelle 3-5 dargestellt sind.

Tabelle 3-5 Anwendung von gebundenen Aufgabenformaten auf die Bloomschen Taxonomieebenen – Beispiele von Gage [GAGE 1986]

<u>Kenntnisse (Wissen)</u>	<u>Verständnis</u>
<p>Welches der folgenden Bücher enthält Informationen, die bei der Auswahl eines standardisierten Tests von Nutzen sein können?</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Mental Measurements Yearbook (richtig)</u> ▪ Handbuch für Unterrichtsforschung ▪ Das Leistungsniveau an den Schulen von Kalifornien ▪ Annual Review of Psychology 	<p>Welche Methode wird zur Messung der Inhaltsvalidität verwendet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Korrelation zwischen Test und einem Kriterium ○ <u>Durchsicht des Testitems und des Curriculum (richtig)</u> ○ Korrelation zwischen dem Test und anderen ähnlichen Tests ○ Durchsicht des Begleithefts und von Übersichtsarbeiten über den Test

<u>Anwendung</u>	<u>Analyse</u>
<p>Michaels Mathematikwerte in drei verschiedenen standardisierten Tests waren 35 in dem Test, der T-Werte angibt, 2 in dem Test, der Stanine nennt und -1,26 in dem Test, der Standard-(z)Werte anführt. Seine relative Leistung war am besten in dem Test mit</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ T-Werten ○ Staninewerten ○ <u>Standardwerten (richtig).</u> 	<p>Wenn keine zusätzliche Information verfügbar ist, welchen der folgenden standardisierten Tests des Rechtschreibens würden Sie auswählen, um feststellen zu können, wie gut ihre 5. Klasse im Vergleich zu einer nationalen Stichprobe war?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Den Schmidt-Test der medizinischen Terminologie: Test-Retest-Reliabilität 0,92; korreliert mit allgemeiner Intelligenz 0,35; Testzeit 72 Minuten. ○ Den Meier-Test für häufig verwendete Wörter: Test-Retest-Reliabilität 0,63; Normen aus einer repräsentativen Reihe von städtischen Schulen; korreliert mit dem Huber-Sprachtest 0,41; Testzeit 60 Minuten ○ Den Müller-Rechtschreibtest: Halbierungsreliabilität 0,79; Normen für das ganze Bundesland; korreliert mit den Rechtschreibnoten 0,35; Testzeit 35 Minuten ○ <u>Den Walter-Rechtschreibtest: Parallelformreliabilität 0,89; Testzeit 40 Minuten; Wörter aus einer Stichprobe von Zeitungen ausgewählt; Normgruppe eine zufällige Stichprobe, die 5 % aller Grundschulkinder erfasste. (richtig)</u>

<u>Synthese</u>	<u>Bewertung</u>
Wenn die folgenden Elemente gegeben sind: <div><div>1. Konstruiere eine Spezifikationstabelle</div><div>2. stelle fest, ob Aufsatz oder kurze Antworten geeignet sind</div><div>3. stelle fest, ob freie oder Auswahlitems geeignet sind</div><div>4. stelle die Bedeutung verschiedener inhaltlicher Bereiche fest</div><div>5. erstelle eine Liste der Zeile der Lernzielkontrolle</div></div> <div><div><div>A.</div><div>5</div><div>1</div><div>4</div><div>2</div><div>3 (r.)</div></div><div><div>B.</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>1</div><div>5</div></div><div><div>C.</div><div>5</div><div>3</div><div>2</div><div>4</div><div>1</div></div><div><div>D</div><div>4</div><div>5</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div></div></div>	Bringe die folgenden Dinge unter Verwendung all dessen, was du über ihren Einfluss auf die Umwelt gelernt hast, in eine Rangfolge nach der Gefahr, die sie für die Zukunft der Menschheit darstellen: <div><div>1. Überbevölkerung</div><div>2. undichte Atomenergielager</div><div>3. das Verschwinden bedrohter Tierarten</div></div> <div><div><div>A.</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>(richtig)</div></div><div><div>B.</div><div>1</div><div>3</div><div>2</div></div><div><div>C.</div><div>2</div><div>1</div><div>3</div></div><div><div>D.</div><div>2</div><div>3</div><div>1</div></div><div><div>E.</div><div>3</div><div>1</div><div>2</div></div><div><div>F.</div><div>3</div><div>2</div><div>1</div></div></div>

Ein Argument, das gegen die Nutzung gebundener Antwortformate spricht, kann allerdings auch damit nicht entkräftet werden. Die Kompetenz zur Formulierung von freien Antworttexten wird damit nicht geschult. Es besteht die Gefahr, dass die Lerner zwar Antworten gut reproduzieren können, jedoch keine eigenen Ideen zu den entsprechenden Fragen entwickeln.

3.2.7 Auswertung von Lernkontrollen

Bei Auswertung von Lernkontrollen ist grundsätzlich zu berücksichtigen, welches Skalenniveau die Messwerte und damit auch die Fehler aufweisen.

Des Weiteren ist für die Auswertung wichtig zu wissen, welches Lernziel bzw. welche Taxonomiestufe die jeweiligen Items erfragt haben.

Für die Auswertung, insbesondere von fehlerorientierten Tests erscheint es wichtiger zu wissen, „was“ der Lerner nicht kann, als „dass“ der Lerner etwas nicht kann. Dabei helfen die Aufstellung einer Fehlertypologie und die Definition von Fehlerkategorien. Fehlerkategorien lassen sich durch das Negieren der entsprechenden Lernziele erzeugen. Zur Auswertung von fehlerorientierten Tests sind diese Kategorien absolut notwendig [KÜFF 1981].

Klassifizierung von Fehlern

Bei Fehlern ist außerdem zwischen den folgenden drei Typen zu unterscheiden

- mechanische Fehler (Verhören, Verlesen, Verschreiben)
- assoziative Fehler (akustische und optische Ähnlichkeiten)
- funktionale Fehler (Operationsfehler, logische Fehler, Regelfehler)

Grundsätzlich sollten die beiden ersten Punkte nicht mit in die Auswertung eingehen.

Bepunktung

Testfragen können im Falle einer richtigen Lösung mit Punkten bewertet werden. Dabei sollte der Umfang und die Schwierigkeit der Frage berücksichtigt werden. In vielen Bildungseinrichtungen hat sich durchgesetzt, die geschätzte Dauer für die Beantwortung einer Frage als Maßstab zu nehmen, denn die Dauer korreliert sehr hoch mit dem Umfang und der Schwierigkeit einer Frage.

Zum Beispiel: 1 Minute → 1 Punkt

Durch eine solche Bepunktung erreicht das Ergebnis Intervallskalenniveau, was für statistische Auswertungen von Vorteil ist. Soll eine Benotung vorgesehen werden, dann sind Intervalle einzelnen Rängen zuzuordnen. In Deutschland hat sich das Rangsystem von der „1“ für „sehr gut“ bis „6“ für „ungenügend“ durchgesetzt. In den Prüfungsordnungen der Hochschulen wird auf die Note 6 verzichtet.

3.2.8 Feedback

Die unmittelbare Steigerung des Lernerfolgs durch Tests bzw. Lernkontrollen lässt sich auf zwei Faktoren reduzieren:

- Die aktive Bearbeitung der Testfragen
- Die Rückmeldung (Feedback) im Anschluss

Im Behaviorismus gehört die Rückmeldung (Feedback) zum wesentlichen Gesichtspunkt für die Verstärkung des Lernerfolgs. Diese wird allerdings sukzessive schwächer, was einer der wesentlichen, negativen Aspekte des Behaviorismus ist, wie bereits in Abschnitt 3.1.2.2 näher ausgeführt wurde. Trotzdem lohnt sich eine differenzierte Betrachtung des Feedbacks, da es neben der erhofften Verstärkung weitere Einflüsse auf den Lernprozess hat.

Die Rückmeldeinformation kann aus drei verschiedenen Quellen resultieren:

1. dem Lerner selbst
2. der Umwelt
3. dem Lehrer

Die beiden ersten Punkte fasst man mit dem Begriff „internes Feedback“ zusammen. Jeder Lerner wertet die Ergebnisse seines Handelns selbst aus (1.) und dieses Handeln wiederum hat Einfluss auf seine Umwelt (2.). Das externe Feedback ist die Reaktion, die auf das

Verhalten des Lerners eintritt, d.h. auch jegliche Form von didaktischer Rückmeldung, die entweder vom Lehrenden oder von einem computergestützten Lernsystem auf die Antwort des Lerners folgt (3.).

Diese Rückmeldung kann zum einen aus motivational-emotionalem Grunde geschehen, wobei keine sachimmanenten Informationen, wie z.B. die richtige Lösung, vermittelt werden und zum anderen zum Zwecke der Darbietung aufgabenspezifischer Information, zum Beispiel der Musterlösung. Rückmeldungen mit dem Hintergrund die Motivation des Lerners anzusprechen, haben zum Ziel, die Leistungsbereitschaft und dadurch die Lernleistung zu erhöhen. Ein Problem stellen stereotype Rückmeldungen dar, da diese durch die Vorhersehbarkeit langweilen und somit einen negativen Effekt auf den Lernprozess erzielen.

Bangert-Drowns hat eine Metastudie über viele Untersuchungen über die Wirksamkeit von Rückmeldungen erstellt [BANG 1991]. Generell sind Rückmeldungen insbesondere für leistungsschwächere Lerner von großem Vorteil, denn diese machen verhältnismäßig viele Fehler und die Effektivität des Feedbacks geht vor allem darauf zurück, dem Lerner die Fehler kenntlich zu machen und ihm durch die Mitteilung der richtigen Antwort die Chance zu geben, den Fehler durch die korrekte Lösung zu ersetzen.

Aber auch richtige Antworten haben einen positiven Lerneffekt, indem sie bestätigt und die entsprechenden Lösungswege gefestigt werden, und zwar sowohl bei leistungsschwachen als auch bei leistungsstarken Lernern.

Doch nicht alle Arten von Feedback haben die gleiche Wirkung auf den Lernerfolg. Jacobs hat die wesentlichen Formen zusammengefasst, wie in Abbildung 3-15 dargestellt [JACO 1998]:

Knowledge of Result (KOR)

Es wird zurückgemeldet, ob die Aufgabe richtig oder falsch beantwortet wurde. Die richtige Lösung wird dabei nicht angegeben.

Fazit: Mit dieser Form der Rückmeldung lässt sich der Lernerfolg nur geringfügig verbessern.

Knowledge of Correct Result (KCR)

Bei Falschbeantwortung der Aufgabe wird die korrekte Lösung angegeben. Die Anzeige der Lösung sollte aber nur dann erfolgen, wenn die Aufgabe bearbeitet bzw. gelöst wurde.

Fazit: Diese Form erzielt auf allen Lernzielebenen eine Steigerung des Lernerfolgs [HAYN 1994].

Answer Until Correct (AUC)

Diese Feedbackart wird auch Multiple Try Feedback (MTF) genannt. Es wird solange eine Rückmeldung nach der Form KOR gegeben, bis die korrekte Lösung gefunden wurde.

Fazit: Die Wirksamkeit ist ebenfalls sehr gut. Allerdings besteht die Gefahr, dass sich durch das mehrfache Bearbeiten der Aufgaben die gewählten, falschen Antwortmöglichkeiten im Gehirn verfestigen.

Elaborated Feedback (informatives Feedback)

Hierbei werden Informationen zurückgegeben, die über die korrekte Lösung hinausgehen. Es wird begründet, warum die richtige Antwort richtig und die falsche Antwort falsch ist. Häufigste Form der informativen Rückmeldung ist die Musterlösung, wobei diese, genau genommen, auch schon bei KCR und AUC aufgeführt wird. Die elaborierte Rückmeldung lässt sich in drei weitere Formen unterteilen. Demnach liegt eine task specific elaboration vor, wenn bei einer MC-Aufgabe die Lösung bzw. die Rückmeldung alle Antwortalternativen wie in der Aufgabenstellung anzeigt und die richtige(n) Alternative(n) hervorhebt. Die instructional based elaboration bezieht sich auf die zugrunde liegenden Lehrmaterialien. Sie erklärt die Aufgabenlösung und unterstützt den Lernenden bei der Verbesserung oder Berichtigung der Fehler an Hand von Lösungsregeln oder der Darbietung des originalen Lehrmaterials. Die dritte Differenzierung ist die extra instructional elaboration, wobei dem Lerner zusätzliche, noch nicht aus den vorliegenden Lehrmaterialien bekannte Informationen gegeben werden [KUHL 1977].

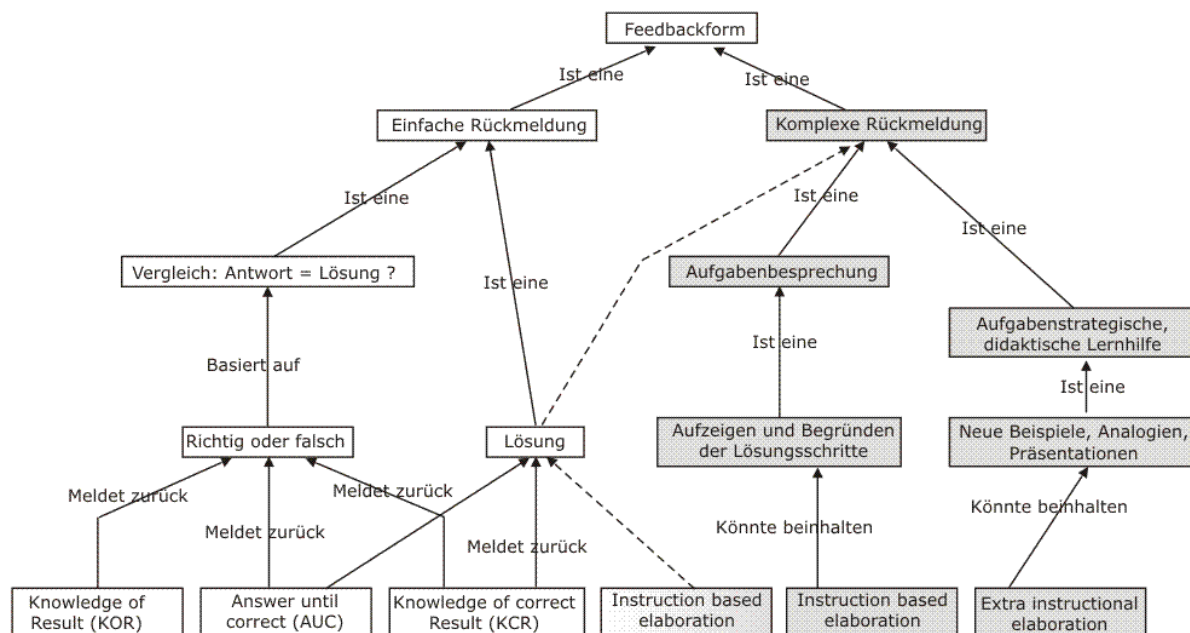


Abbildung 3-15 Feedbackformen [JACO 1998]

Die komplexen Rückmeldeformen führen im Vergleich zu den einfachen zu keiner signifikanten Steigerung des Lernerfolgs. Für diesen reicht die Darbietung der Musterlösung vollkommen aus, sogar dann, wenn Fragen der Taxonomieebenen Anwenden und Synthese gestellt werden. Bei Faktenfragen führt die elaborierte Rückmeldung sogar zu einer negativen Wirkung auf den Lernerfolg. Die Gründe dafür sind bis dato noch wenig erforscht [JACO 1998]. Es kann aber angenommen werden, dass die ausführliche Antwortinformation nicht

notwendig ist, weil der Lerner diese Informationen bereits aus der Instruktionsphase kennt. Mit Hilfe der Musterlösung können alle notwendigen Zusammenhänge selbst hergestellt werden. Ausführliche, zeitraubende Rückmeldungen können dann kontraproduktiv sein.

Überhaupt keinen Nutzen hat Feedback nach beziehungsweise bei verbindlichen Prüfungsergebnissen, da in diesem Szenario der Fokus beim Lerner vollständig auf der Bewertung der eigenen aktuellen Leistung liegt. Bangert-Drowns zeigt auf, dass gar nur ca. 20 Prozent der Prüfungsteilnehmer solche Rückmeldungsinformation wahrnehmen [BANG 1991].

Dagegen spielt Feedback bei computergestützten Lernsystemen eine äußerst wichtige Rolle. Die Erwartungshaltung beim Lerner, dass das System generell Rückmeldung gibt, führt zu einer Verschiebung hinsichtlich der Steigerung des Lernerfolgs, weg von der eigentlichen Aufgabenbearbeitung hin zur Darbietung der Lösung. Es besteht die Gefahr, dass dann nur noch Musterlösungen mehr oder wenig auswendig gelernt werden und das eigentliche Lernziel aus den Augen verloren wird. Dem ist unbedingt entgegen zu wirken.

3.2.9 Testkonstruktion

Wichtig bei der Testkonstruktion von pädagogischen (kriteriumsorientierten) Tests ist vor allem, dass festgelegt werden muss, welche Leistung überhaupt wichtig ist (Lernziel und Kompetenz), wie die einzelne Frage gestaltet werden muss, damit der Lerner auch seine Leistung korrekt äußern kann und wie die Ergebnisse nach der Durchführung interpretiert werden können [GAGE 1986].

Unabhängig von der zugrunde liegenden Testtheorie sind bei der Konstruktion von Lernkontrollen prinzipiell folgende Schritte zu durchlaufen [HELL 1978]:

1. Operationalisierung der Lernziele
2. Erstellung der Spezifikationstabelle
 - Entscheidung, welche Lernziele Gegenstand des Tests sein sollen, Festlegung der Zahl der Items
3. Aufgabenkonstruktion
 - Wahl des Fragentyps
4. Entwicklung der Test-Vor-Form
 - Gruppierung der Fragen, Auswertungskriterien festlegen
5. Erste praktische Durchführung des Tests
 - geeignet sind Stichproben ($N > 100$) von repräsentativen Probanden
6. Itemanalyse und Itemselektion
 - Schwierigkeitsanalyse
 - Trennschärfeanalyse
 - Distraktorenanalyse

7. Überprüfung der Reliabilität
8. Überprüfung der inhaltlichen Validität
9. Normierung
10. Testendform

Auf die einzelnen Punkte wird im Rahmen der konkreten Testanalysen in Abschnitt 5.8.1 näher eingegangen.

3.3 Sonstige Einflüsse auf den Lernprozess

3.3.1 Allgemeines

Das beschriebene Modell und somit der gesamte Lernprozess werden durch eine Reihe von vor allem nicht-kognitiver Faktoren beeinflusst. Manche dieser Faktoren können starke positive Wirkung haben, andere können den Lernprozess zum Stillstand bringen. Es gilt dabei zu beachten, dass die Lerner sehr unterschiedlich auf diese Einflüsse reagieren.

3.3.2 Motivation

Rheinberg [RHEI 2006] definiert Motivation folgendermaßen: „Motivation ist die aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand.“

Sobald der Lernerfolg als ein solcher Zustand verstanden wird, hat ein hoher Grad an Motivation eine positive Lernwirkung. Von besonderer Bedeutung für die Motivation ist die Lernumgebung, denn an Orten, an denen man sich wohl fühlt, lernt man erfolgreicher als beispielsweise in überfüllten und schlecht belüfteten Hörsälen.

Die entscheidenden Aspekte dabei sind, dass motivierte Lerner aufmerksamer und konzentrierter sind, mehr Disziplin und Fleiß an den Tag legen und ihre Lernstrategien der Situation besser anpassen können. Die Konzentration und damit die Leistungsfähigkeit sind bei allen Menschen von einem individuellen Tagesrhythmus abhängig. Ein durchschnittlicher Verlauf ist in Abbildung 3-16 dargestellt. Leider haben wir kein Sinnesorgan, das uns hilft unsere Konzentrationsfähigkeit zu messen. In Vorlesungsdoppelstunden fällt diese vom Beginn an kontinuierlich ab und steigt erst zum Ende der Veranstaltung wieder an. Eine kurze Pause nach der Hälfte der Veranstaltung motiviert die Lerner neu, so dass deren Konzentrationsfähigkeit sprunghaft ansteigt. Dieses Erkenntnis ist seit langem hinreichend bekannt und in der Pädagogik- oder Psychologieausbildung wird man kaum eine Vorlesungsdoppelstunde ohne eine eingeschobene Pause antreffen. Die Erfahrung zeigt, dass im Bauingenieurwesen auf diese Pause trotzdem fast immer verzichtet wird. Der Grund dafür war meistens, dass sich die Studenten mehrheitlich gegen die Pause ausgesprochen haben, damit etwas längerer Wechselzeiten zwischen den Lehrveranstaltungen entstehen. Im Sinne des Lernerfolgs sollten die Studenten aber zu einer kurzen Pause gezwungen werden, denn der Hippocampus ist bei hoher Aufmerksamkeit wesentlich aktiver.

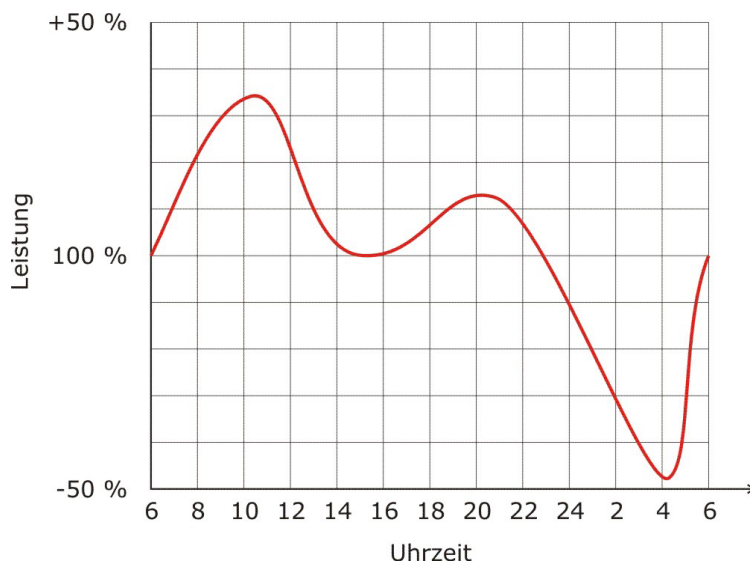


Abbildung 3-16 Leistungskurve [WEST 2005]

Beim E-Learning sinkt die Konzentrationsfähigkeit noch wesentlich schneller ab. Durch die anstrengende Haltung, die beim Lesen am PC eingenommen wird und durch den Ermüdungseffekt der Monitore auf die Augen, müssen die Instruktionseinheiten kurz gehalten werden. Sesink hat im WiBA-Net[®]-Projekt empfohlen, dass die Bearbeitungszeit für eine Instruktionseinheit nicht länger als 30 min sein sollte [SESI 2003].

Das wichtigste Mittel, um den Lerner zu motivieren, ist eine fortlaufend optimale individuelle Dosierung des Schwierigkeitsgrades. Durch das selbständige Lösen von neuen anspruchsvollen Aufgaben entstehen die bereits genannten Aha-Erlebnisse, die den Lerner stets neu motivieren.

Bei der Motivation ist zwischen einer intrinsischen und einer extrinsischen Form zu unterscheiden. Die Motivation ist intrinsisch, wenn das Lösen oder auch nur das Bearbeiten einer Lernaufgabe als Erfolg erlebt wird. Entscheidend dafür ist, dass der Lerner zumindest glaubt, selbstbestimmt zu lernen. Dabei spielt es keine Rolle, ob er von einem Lehrenden aufgefordert wurde, sich mit dem entsprechenden Lerngegenstand zu beschäftigen oder ob der Wille zum Lernen vollständig vom Lerner ausging. Bei der extrinsischen Motivation dominiert das sachfremde Leistungsstreben, d.h. Faktoren, wie das Bedürfnis nach Geltung, nach Zustimmung und Abhängigkeit und die Furcht vor Strafe [HELL 1978]. Intrinsisch motivierte Lerner streben somit intensiv danach, eine bestimmte Kompetenz zu erwerben und arbeiten deshalb wesentlich lernzielorientierter als extrinsisch motivierte Lerner [RHEI 2006, S.336f]. Ein Wandel von extrinsischer zu intrinsischer Motivation ist immer dann wahrscheinlich, wenn der Lerner einen individuellen inhaltlichen Nutzen des Lernstoffs erkennt. Dies ist vergleichbar mit dem Reinlichkeitstreben von Kindern. Während man Kinder noch mit reichlich Zwang zum täglichen Zähneputzen „motivieren“ muss, erkennen Erwachsene die Notwendigkeit durchaus an und handeln somit intrinsisch.

Obwohl auch vielfach in der Kritik, sind Tests und Noten eine Art von sozialer Belohnung und haben somit einen motivierenden Charakter [GAGE 1986]. In gleicher Weise wie ein 100

Meter-Läufer eine Belohnung in Form einer guten Zeit erstrebt, schafft auch die Bewertung von Tests einen motivierenden Anreiz beim Lerner.

Bei Tests gibt es aber auch eine Reihe von Gefahren, die sich negativ auf den Lernprozess auswirken können. Die größte Gefahr liegt in dem zerstörenden Effekt auf die Kontinuität der Motivation. D.h. durch ein positives Feedback kann es passieren, dass Lerner das Lernen vorerst einstellen. Die Motivation kann sich auch während der Bearbeitung eines Tests schlagartig ändern. Je komplexer eine Frage formuliert, je schwere die Beantwortung und je länger ein Test ist, desto eher verliert der Proband seine Motivation. Aber auch zu leichte Aufgaben haben einen negativen Einfluss, da sie den Lerner langweilen.

Nicht nur bei computergestützten Lernkontrollen hat auch das gegebene Feedback – Lob oder Tadel – einen Einfluss auf die Motivation. Lob hat in den allermeisten Fällen eine motivierende Wirkung, Tadel bewirkt das Gegenteil. Leider trifft dies nicht auf alle Lerner zu. Bei besonders leistungsstarken Lernern verhält es sich genau umgekehrt [KÜFF 1981]. Die Tabelle 3-6 listete Aspekte auf, die entweder einen motivierenden oder demotivierenden Einfluss haben.

Tabelle 3-6 Motivierendes und demotivierendes Lob [GAGE 1996]

Lob	
motivierende Aspekte	demotivierende Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> ○ Orientierungshilfe zur besseren Selbsteinschätzung. ○ Die Einzelheiten des Erreichten werden spezifiziert. ○ Die Erteilung ist angebracht und glaubwürdig. ○ Die Erteilung erfolgt planmäßig. ○ Belohnung des Erreichens spezifizierter Leistungskriterien. ○ Frühere Leistungen werden mit einbezogen. ○ Das Bemühen <u>und</u> die Fähigkeiten dienen als Grundlage. ○ Zentrierung die Aufmerksamkeit des Lerners auf sein eigenes aufgabenbezogenes Verhalten ○ Förderung der Anerkennung von aufgabenbezogenem Verhalten. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Die Darbietung erscheint zufällig und unsystematisch. ○ Beschränkung auf eine globale, positive Reaktion. ○ Die Uniformität ist durchschaubar. ○ Die reine Teilnahme wird belohnt. ○ Inhaltliche Informationen fehlen. ○ Schaffung von Konkurrenzstreben durch vergleichende Aussagen.

Bei der Methode E-Learning wird vom Lerner ein hohes Maß an Selbstdisziplin verlangt, denn er muss sein individuelles, elektronisches Studium selbst organisieren, d.h. den

Lernprozess planen und vorbereiten, auch dann, wenn der Lehrende vorab Anleitungen und Hinweise zur Methode und zum Inhalt gibt. Zwar bietet E-Learning die Möglichkeit, den Lernort und die Lernzeit in der Regel vollkommen frei zu wählen, jedoch muss sich der Lerner dazu auch motivieren, was Lernen mit geringer Selbstdisziplin häufig nur unzureichend oder gar nicht gelingt [FRIE 1997 und HOLLS 2002].

3.3.3 Schlaf

Dass Schlaf eine positive, d.h. lernfördernde Bedeutung besitzt, hat man schon seit längerem vermutet; den Beweis dafür konnte man erst mit Hilfe der neueren Hirnforschung erbringen.

Im Traumschlaf (REM-Schlaf) werden diejenigen Hirnregionen reaktiviert, die in den vergangenen ein bis zwei Tagen am Lernprozess beteiligt waren. Der Lernstoff wird immer wieder nacherlebt, d.h., die Nervenzellen spielen ständig das gleiche Muster ab, allerdings nur, wenn ein praxisnaher Bezug hergestellt werden kann. Bei dieser Reanalyse werden zudem neue Verbindungen im neuronalen Netz erzeugt.

Die Tiefschlafphase wird genutzt, um Erlerntes zu festigen und dauerhaft vom Hippocampus in den Kortex zu transferieren. Man hat erkannt, dass dieser Prozess fast ausschließlich während dieser Schlafphase stattfindet [SPIT 2008c].

Bereits kurze Schlafphasen, zum Beispiel zwischen zwei Vermittlungseinheiten, haben einen solchen positiven Effekt, der natürlich entsprechend geringer ist. Wichtig ist auch, dass unser Gehirn dabei vorrangig die Informationen verarbeitet, die es kurz vor dem Schlaf erhalten hat. Deshalb ist zu empfehlen, dass das Lernen verstärkt in den Abendstunden stattfinden soll. Dabei muss aber auch beachtet werden, dass am späten Abend die allgemeine Leistungsfähigkeit stark abnimmt, wie in Abbildung 3-16 dargestellt ist.

In den Schlafphasen sind sowohl Hippocampus als auch Amygdala aktiv und interagieren sogar miteinander. Für das „schlafende Lernen“ spielt die zuvor widerfahrende Emotion also keine Rolle. Im Schlaf werden auch Informationen verarbeitet, die lediglich subliminar wahrgenommen wurden. Dadurch können neue Erkenntnisse quasi über Nacht ins Bewusstsein gelangen.

Da sich unser Körper im Schlaf regeneriert, fühlen wir uns am nächsten Morgen ausgeruht, wach und fit. Das individuell benötigte Schlafbedürfnis beim Erwachsenen liegt zwischen vier und zehn Stunden. Allerdings schlafen die meisten Menschen kürzer, was die Denkleistung messbar reduziert [PERE 1999].

Blake [BLAK 2005] hat Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit bei Schlafentzug durchgeführt. Er untersuchte die Denkleistung zweier Gruppen, indem er den Probanden Aufgaben stellte, bei denen zur Lösung der Aufgabe der entscheidende Lösungshinweis in der Aufgabe selbst zu finden war. Die Probanden der ersten Gruppe durften nach einem normalen Tag acht Stunden schlafen; die der anderen Gruppe mussten in der gleichen Zeit wach bleiben. Bei der anschließenden Denkaufgabe erzielten die Schläfer eine um den Faktor 2 bessere Leistung.

Das Problem des Schlafentzugs ist, dass man sich zwar müde und matt fühlt, aber den vorhandenen Leistungseinbruch nicht richtig einschätzt und damit seine Leistungsfähigkeit überschätzt.

Diese Erkenntnisse führen im Hinblick auf das zu entwickelnde Modell zu einer wichtigen Erkenntnis: Bei zweitägigen Seminaren oder bei Vorlesungen an zwei aufeinander folgenden Tagen ist es hinsichtlich des Lernerfolgs besser, wenn bereits am ersten Tag alle wichtigen Aspekte vorgetragen und dann am zweiten Tag verfestigt werden. Nur so kann die Nacht zwischen den beiden Tagen optimal zum „schlafenden Lernen“ genutzt werden.

3.3.4 Ernährung / Bewegung

Das menschliche Gehirn besteht zu 80 Prozent aus Wasser. Somit ist klar, dass ein mit Wasser unterversorgter oder sogar dehydrierter Körper keine optimale Denkleistung erbringen kann. Umgekehrt lässt sich durch die Aufnahme von viel Flüssigkeit die Leistung des Gehirns erhöhen. Ähnliche Wirkungen erzielt man mit Hilfe von lernfördernden Medikamenten, wie bereits in Abschnitt 3.1.4 erläutert, aber auch Kaffee verringert nicht nur die Müdigkeit, sondern treibt das Gehirn zu mehr Aktivität an. Die großen Lebensmittelkonzerne wie Unilever oder Proctor & Gamble haben bereits Nahrungsmittel entwickelt, die einen sehr starken Einfluss auf die Denkleistung haben. Dieses so genannte Brain-Food ist nur noch nicht auf dem Markt, weil die Akzeptanz beim Konsumenten noch fehlt und weil Studien zu den Nebenwirkungen noch fehlen. Man muss aber kein Prophet sein, wenn man davon ausgeht, dass in wenigen Jahren, neben dem Yoghurt zur Steigerung der Abwehrkräfte und dem zur Verbesserung der Darmflora auch Brain-Yoghurt stehen wird.

Neben der Ernährung hat auch die körperliche Aktivität einen Einfluss auf die Lernleistung. In Tierversuchen hat man einer Gruppe von Mäusen Laufräder zur Verfügung gestellt, die auch fleißig genutzt wurden. Die andere Gruppe blieb sportlich inaktiv. Anschließend mussten alle Mäuse eine Labyrinth-Aufgabe bewältigen. Interessanterweise waren die sportlich trainierten Mäuse fast doppelte schnell in der Bewältigung der Aufgabe, obwohl sie sich keineswegs mit höherer Geschwindigkeit fortbewegten.

3.3.5 Vom Stress zum Flow-Erleben

Ein wenig Stress ist durchaus gut für die Leistungsfähigkeit. Zu wenig Stress führt nämlich dazu, dass man sich nicht mehr anstrengt, weil man sich allzu leicht zufrieden gibt und man in Stadien von Langeweile bis Apathie verfällt. Zu viel Stress führt zu diffuser Angst, die hemmend auf die Produktivität wirkt. Die Abbildung 3-17 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar.

Die bekannten unangenehmen Folgen von Stress sind unter anderem Bluthochdruck mit dem zugehörigen hohen Herzinfarktrisiko, Magengeschwüre, Krebs und Diabetes. Aus neurologischer Sicht ist anzumerken, dass ein Krebs häufig im Hippocampus entstehen kann und dass insgesamt viele Nervenzellen absterben können. Bei Soldaten, die drei Jahre an der Front gekämpft haben und damit permanent hohem Stress ausgesetzt waren, hat man beobachtet, dass sich bei vielen von ihnen der Hippocampus halbiert hatte.

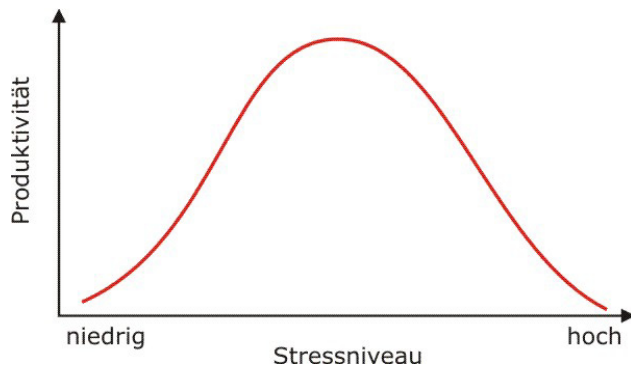


Abbildung 3-17 Einfluss von Stress auf die Produktivität [GAGE 1996]

Vor allem vor Prüfungen steigt das Angstniveau bei vielen Studenten stark an. Nicht selten kommt es dann sogar zum Blackout. Die Prüfungsangst und der damit einhergehende Versagensdruck sind häufig genannte Gründe für das Abbrechen des Studiums. Wenn es den Lernern gelänge, dass sie ihren Leistungsstand kontinuierlich selbst einschätzen könnten, dann würde sich ein Angstniveau, das zur Blockade bei Prüfungen führen kann, erst gar nicht aufbauen. Mit dem Modell dieser Arbeit wird dies versucht. Die Abbildung 3-18 zeigt den Einfluss der Angst auf die Leistungsfähigkeit der Lerner.

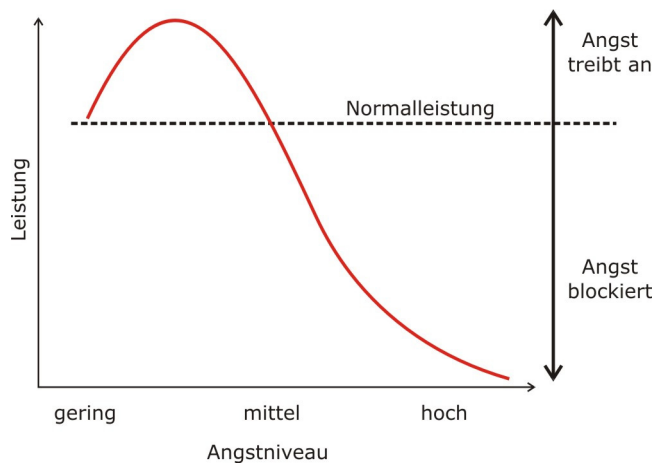


Abbildung 3-18 Angsteinfluss auf die Prüfungsleistung [WOLF 1995]

Der Idealzustand liegt vor, wenn Fähigkeiten und Anforderungen in einem guten Verhältnis stehen. Es darf weder eine Unter- noch eine Überforderung auftreten. In diesem Fall spricht man von einem Flow-Erleben. Die Flow-Theorie geht von der Beobachtung aus, dass Personen Tätigkeiten mit großem Einsatz ausführen, ohne eine Belohnung oder Kompensation von außen dafür zu erhalten. Das bedeutet, dass das Flow-Erleben der intrinsischen Motivation entstammt. Man erhält ein Gefühl, als würde man vollständig in der Tätigkeit aufgehen, was einer Art Fließen gleichkommt und Höchstleistungen ermöglicht.

Das Flow-Erleben tritt allerdings nur in Erscheinung, wenn sowohl die Fähigkeit eines Lerners als auch die zugehörige Anforderung nicht allzu niedrig sind. Der Lerner fühlt sich optimal beansprucht und hat trotz hoher Anforderungen das sichere Gefühl, die Aufgaben noch gut unter Kontrolle zu haben. Alle Handlungsschritte gehen flüssig ineinander über und die Konzentration kommt wie von selbst, eine willentliche Beeinflussung ist nicht erforderlich.

Das Flow-Erleben kann durch Einflüsse, wie häufige Störungen, Zeitdruck und schlechtes soziales Klima, abrupt beendet werden und baut sich dann nur noch sehr schwer wieder auf.

Csikszentmihalyi [CSIK 1991] hat 1991 ein überarbeitetes Flow-Modell veröffentlicht, das in Abbildung 3-19 dargestellt ist.

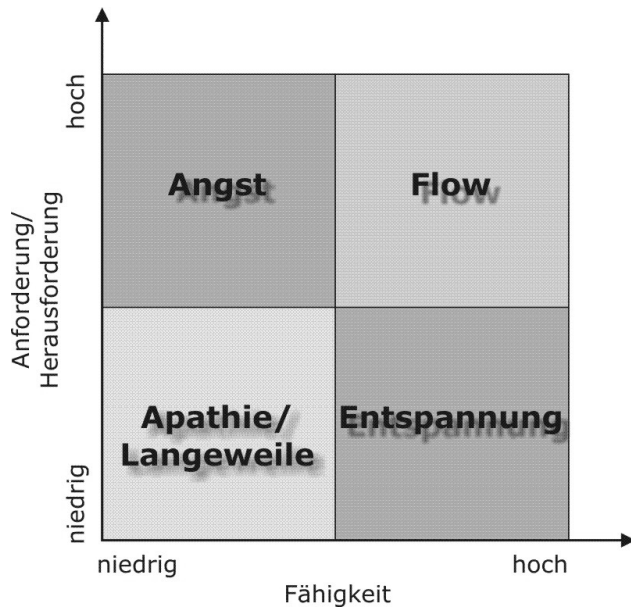


Abbildung 3-19 Flow-Quadranten-Modell von Csikszentmihalyi [CSIK 1991]

Lerner, die den Flow-Zustand häufig erreichen, erzielen bessere Leistungen, wie Untersuchungen von Nakamura ergaben [NAKA 2002]. Unklar bleibt dabei aber, ob Flow die Ursache oder die Folge höherer Lernleistungen ist. Studien von Bischoff und Engeser deuten darauf hin, dass sich das Flow-Erleben zumindest förderlich auf den Lernzuwachs auswirkt [RHEI 2006]. Unabhängig davon, ob im Flow-Zustand ein Lernprozess überhaupt stattfindet, hat dieser eine hohe motivierende Komponente, so dass der Anspruch von E-Learning sein sollte, dieses Flow-Erleben zu aktivieren [ARNO 2006].

3.3.6 Einbau nicht-kognitiver Testelemente

Die nicht-kognitiven Einflüsse haben einen enorm hohen Anteil am Lernprozess. Für den Lehrenden kann die Kenntnis dieser Faktoren eine wichtige Hilfestellung darstellen. Indem Lernkontrollen mit Fragen ergänzt werden, die die Meinungen, Einstellungen, Interessen der Lerner erfassen, kann der Lernprozess dahingehen optimiert werden.

Beispiele für den Einbau nicht-kognitiver Testfragen findet man auch in den PISA-Tests. Abbildung 3-20 stellt eine solche Frage dar [OECD 2006].

Frage 10N: ULTRASCHALL S448Q10N

Wie viel Interesse hast du an den folgenden Informationen?

Bitte in jeder Zeile nur ein Kästchen ankreuzen.

	<i>Hohes Interesse</i>	<i>Durch- schnittliches Interesse</i>	<i>Geringes Interesse</i>	<i>Kein Interesse</i>
a) Verstehen, wie Ultraschall den Körper durchdringen kann, ohne ihn zu schädigen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Etwas über die Unterschiede zwischen Röntgenstrahlen und Ultraschall lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Etwas über andere medizinische Anwendungen von Ultraschall erfahren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 3-20 Nicht-kognitive Frage im PISA-Test von 2006 [OECD 2006]

Kapitel 4

Mitarbeit am WiBA-Net[®]

4.1 Vorbemerkung

Das multimediale Netzwerk zur Wissensvermittlung im Fach Werkstoffe im Bauwesen für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten, kurz WiBA-Net[®] genannt, ist das Ergebnis eines umfangreichen Forschungsprojektes. Es wurde im Rahmen einer vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsinitiative ab 2001 als hochschul- und fachübergreifendes Projekt entwickelt. Die wissenschaftliche Leitung oblag Herrn Professor Grübl von der TU Darmstadt. An dem Gemeinschaftsprojekt waren als inhaltlich Verantwortliche Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter der Fachbereiche Bauingenieurwesen und Architektur verschiedener Hochschulen beteiligt. Die Verantwortung für die zugehörige IT und die Pädagogik lag in Darmstadt. In meiner Funktion als Mitarbeiter am Lehrstuhl von Professor Grübl konnte ich an der Entwicklung des Netzwerkes mitwirken. Dabei wurde eine Vielzahl von eigenen Erfahrungen und Erkenntnissen gesammelt, welche als Grundlage für die Modellbildung dienen. Im Anschluss an die Förderung konnten die Ergebnisse im Rahmen meiner Tätigkeit als Mitarbeiter im Fachgebiet Baustoffe, Bauchemie an der TU Darmstadt in der Lehre praktisch eingesetzt werden. Das Projekt WiBA-Net[®] wird nach wie vor genutzt und auch weiterentwickelt. Im Jahre 2006 wurde der Verein der Freunde des WiBA-Net[®] e.V. gegründet, der sich um den Fortbestand, die Weiterentwicklung und die Nachhaltigkeit auch in Zukunft kümmern wird.

Für das Bauingenieurwesen wurden bundesweit bereits mehrere E-Learning-Projekte realisiert, wie die Aufstellung in den Tabellen 4-1 und 4-2 zeigt.

Tabelle 4-1 E-Learning Projekte im Bauingenieurwesen – Auswahl (eine Vielzahl von Projekten ist unter der Homepage www.medien-bildung.net zu finden)

Federführende Organisation	Projektname	Webseite	Inhalt
Hochschule Darmstadt	2MN Module für die multimediale netzbasierte Hochschullehre	http://www.elatnet.de	Module für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge
FH München / FH Augsburg	bautop Stoffliche und energetische Bauteiloptimierung	http://www.lrz-muenchen.de/~volland/vhb/	Werkstoffe, Bauphysik
RWTH Aachen	DeTra Internetbasierte Datenbank für Tragwerkdetails	http://detra.rwth-aachen.de	Tragwerksdetails
Uni Hannover	FLUWU FernLernUmgebungen für den Themenbereich Wasser und Umwelt	http://www.fluwu.de	Wasser und Umwelt
Uni Bochum	imlab	http://www.imlab.de	Neue Medien in der Architekturausbildung
Uni Graz	iVISiCE internetbasierende Visualisierungen für den Bereich konstruktiver Stahlbetonbau	http://ivisice.tugraz.at/	Konstruktiver Ingenieurbau
FH Potsdam	KI-SMILE Einsatz neuer Medien im Bauingenieur-Studium im Konstruktiven Ingenieurbau	http://www.ki-smile.de	Konstruktiver Ingenieurbau
Uni Karlsruhe	Lernnetz Bauphysik Multimediales Lernnetz Bauphysik	http://www.lernnetz-bauphysik.de	Bauphysik

Federführende Organisation	Projektname	Webseite	Inhalt
TU Braunschweig / TU Dresden	Portiko Multimediale Lehr- und Lernplattform für den Studiengang Bauingenieurwesen	http://portiko.bau.tu-dresden.de (Homepage offline, zuletzt geprüft am 30.6.2008)	Baukonstruktion, Statik, Dynamik, Hydraulik
Uni Bochum	UNITRACC Underground Infrastructure Training and Competence Center	http://www.unitracc.de	Kanal- und Rohrleitungsbau
TU Darmstadt	WiBA-Net[®] Multimediales Netzwerk zur Wissensvermittlung im Lehrfach „Werkstoffe im Bauwesen“ für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten	http://www.wiba-net.de	Werkstoffe im Bauwesen

Tabelle 4-2 Projekte an der TU Darmstadt (Auswahl)

<u>Projekte an der TU Darmstadt (Auswahl)</u>	
Stahlbau (http://www.stahlbau.tu-darmstadt.de/Lehre/telemedia/index.html) (siehe auch [STEI 2007])	<ul style="list-style-type: none"> • Computergestützte Modellierung der biegesteifen Rahmenecke • Berechnung von Stabtragwerken nach dem Traglastverfahren • Simulation des Biegedrillknickens • Produktionsverfahren im Stahlbau
Massivbau (http://www.info-schäfer.de)	Geschichte des konstruktiven Ingenieurbaus
Architektur (http://www.fgstadt.org)	up_0506 - Städtebau
Bauinformatik (http://www.iib.bauing.tu-darmstadt.de)	BauKommPro - kollaborative E-Learning-Plattform

In diesem Kapitel wird das Gesamtprojekt WiBA-Net[®] beschrieben. Dabei ist vor allem zu untersuchen, wie sich Tests, insbesondere Lernkontrollen, in das WiBA-Net[®] integrieren lassen.

4.2 Lernnetz WiBA-Net[®]

4.2.1 Struktur

WiBA-Net[®] ist das multimediale Netzwerk zur Wissensvermittlung im Lehrfach „Werkstoffe im Bauwesen“ für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten. Das Lehrfach ist an allen deutschen Hochschulen in den Studiengängen Bauingenieurwesen und Architektur Pflichtfach und wird in aller Regel im Rahmen der Diplomvorprüfung abgeprüft. Nach der Umstellung in Bachelor- und Masterstudiengänge ist das Lehrfach erhalten geblieben und wird vorrangig im Bachelorstudium, zum Teil auch im Masterstudium, gelehrt.

Der Lehrinhalt des Faches wurde von den dieses Fach lehrenden Hochschullehrern, vor allem aus Deutschland, aber auch aus der Schweiz, Österreich und Ungarn, gemeinsam festgelegt und in einem Hochschullehrermemorandum [REIN 2000] niedergeschrieben. Auf Grundlage des Memorandums konnten die Inhalte thematisch aufgeteilt denen am Projekt beteiligten Hochschullehrern zur multimedialen Umsetzung zugeordnet werden, wie in Tabelle 4-3 dargestellt ist. Die Struktur, die dieses Memorandum vorgibt, half auch sehr bei der Definition der Lernziele für die einzelnen Online-Lerneinheiten (Lehrpfade) und war damit auch Grundlage für die Konstruktion der Lernkontrollen.

Tabelle 4-3 WiBA-Net[®] - Inhaltliche Aufteilung der Themengebiete

Themengebiet	Verantwortung
Allgemeine Grundlagen	Uni Duisburg-Essen – Prof. Setzer
Metallische Werkstoffe	TU Berlin – Prof. Hillemeier
Mineralische Bindemittel	TU Darmstadt – Prof. Grübl
Sonstige Mineralische Werkstoffe	Uni Stuttgart – Prof. Reinhardt
Organische Werkstoffe	TU Hamburg-Harburg – Prof. Franke
Bezug zur Anwendung – Konstruktion	Uni Leipzig – Prof. König
Architektur – Werkstoffe	Uni Leipzig – Prof. Pahl TU Darmstadt – Prof. Schäfer

WiBA-Net[®] wird von den Studierenden der projektbeteiligten Hochschulen (TU Berlin, TU Darmstadt, Uni Duisburg-Essen, TU Hamburg-Harburg, Uni Leipzig, Uni Stuttgart), von den Studierenden der Uni Graz, von einzelnen Studierenden von sonstigen Hochschulen und

natürlich auch von den entsprechenden Hochschullehrern genutzt. Insgesamt sind derzeit ca. 2000 User registriert. Die Abbildung 4-1 zeigt die Startseite von WiBA-Net®.



Abbildung 4-1 WiBA-Net® Portal

WiBA-Net® besteht aus den folgenden Komponenten, die zusätzlich in Abbildung 4-2 detailliert dargestellt sind.

- Kompetenzvermittelnde Komponenten - E-Learning- Funktion

Mit Hilfe der eigenen WiBA-Net®-Lernplattform, einer Weiterentwicklung des MTS Systems des Fraunhofer IGD in Darmstadt, können die kompetenzvermittelnden Komponenten Lehrpfade → Lehrgänge → Kurse als E-Learning angeboten werden und mit Hilfe von Lernkontrollen kann der Lernfortschritt geprüft werden. Das Ziel der Lernkontrollen in WiBA-Net® ist auf Selbstkontrolle fokussiert. (Der Begriff Kompetenz bezieht in diesem Fall und im Folgenden immer auf die Wissenskompetenz. Andere Kompetenzarten, wie zum Beispiel soziale Kompetenz wurden nicht berücksichtigt.)

- Kompetenzvertiefende Komponenten

Zur Einübung und Vertiefung der erworbenen Kompetenzen werden in WiBA-Net® die kompetenzvertiefenden Komponenten angeboten. Diese sind das so genannte Wissensbündel, das bei der Zusammenstellung der individuellen Lerninhalte hilft, das virtuelle Praktikum, das durch seine multimediale Aufbereitung sowohl als Vor- als auch zur Nachbereitung des regulären Praktikums dienen soll, das Übungsmodul, welches den Nutzer beim Lösen komplexer Aufgaben unterstützt und der Aufgabenpool, welcher als Ansammlung der „alten“ Klausuraufgaben aller beteiligten Hochschulen zur Prüfungsvorbereitung dient.

- Kommunikative Komponenten

Die kommunikativen Komponenten des WiBA-Net[®] sind E-Mail, Chaträume und Foren. Eine WiBA-Net[®] interne Entwicklung war die Schaffung eines Chatraums mit integrierten Whiteboard, mit dem während der synchronen Kommunikation Zeichnungen erstellt, Bilder publiziert und Diagramme entwickelt werden können. Die Nutzung des Whiteboards steht wahlweise allen Chatteilnehmern oder nur dem E-Tutor zur Verfügung. Dieses Werkzeug wollte man vor allem für Online-Sprechstunden nutzen. Diese wurden auch zu den unterschiedlichsten Zeiten angeboten, wobei die Resonanz sogar unmittelbar vor Prüfungen sehr gering war. Dadurch zeigt sich, dass exzellente technische Entwicklungen nicht zwangsläufig ein hohes Maß an Akzeptanz erhalten. Bei einer Befragung der Studierenden konnte festgestellt werden, dass die Studenten das Angebot der Online-Sprechstunde prinzipiell begrüßen, es stellte sich aber heraus, dass die persönliche Sprechstunde deutlich bevorzugt wird.

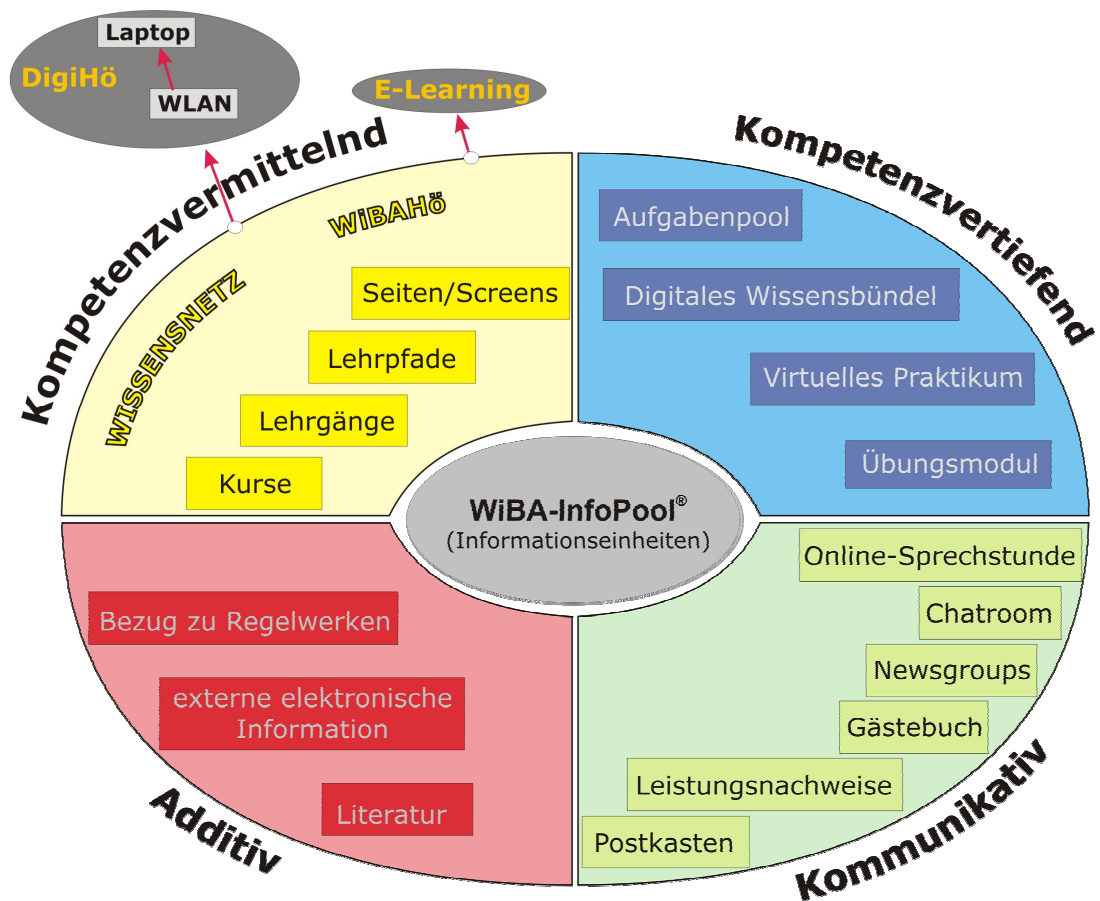


Abbildung 4-2 Komponenten des WiBA-Net[®]

- Additive Komponenten

Zu den additiven Komponenten des WiBA-Net[®] zählen die Anbindungen an externe Informationen zu Werkstoffen im Bauwesen wie Literaturtipps und Normenauszüge. Über WiBA-Net[®] erhalten die Studierenden freien Zugang zur kostenpflichtigen Literaturdatenbank des Fraunhofer IRB. Außerdem werden in diesem Bereich inhaltlich relevante Testfragen vom Deutschen Betonverein e.V. angeboten, die in eine computergestützte Form transformiert wurden.

Das wichtigste Prinzip von WiBA-Net[®] lautet:

1 Seite → 1 Inhalt → 1 Wissenseinheit

Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass jede einzelne Seite im WiBA-Net[®] einen abgeschlossenen Inhalt behandelt und somit eine eigenständige Wissenseinheit darstellt, die dem Lerner in unterschiedlichen Zusammenhängen angeboten werden kann (Prinzip der Kombierbarkeit). Deshalb wird man im WiBA-Net[®] auch nie Formulierungen wie „in Bezug zur vorangegangenen Seite“ oder „wie zuvor dargestellt“ finden.

4.2.2 Lehrpfade

Die Inhalte des WiBA-Net[®] sind mit Hilfe von fast 100 Lehrpfaden umgesetzt. Der Lehrpfad hat in der Regel Hauptseiten und zugehörige Seiten und stellt die niedrigste Ordnungsebene des Wissens dar, die durch ein Lernziel beschrieben ist, das auf der ersten Seite jedes Lehrpfades angezeigt wird. Die Hauptseiten bieten dem Lerner den wesentlichen Inhalt in komprimierter Form an; die zugehörigen Seiten geben vertiefende Informationen. Zusammen bilden sie den prüfungsrelevanten Anteil.

Als Beispiel dient der Lehrpfad Konsistenzbestimmung, bei dem die in Abbildung 4-3 dargestellte Lehrpfadstruktur vorzufinden ist.

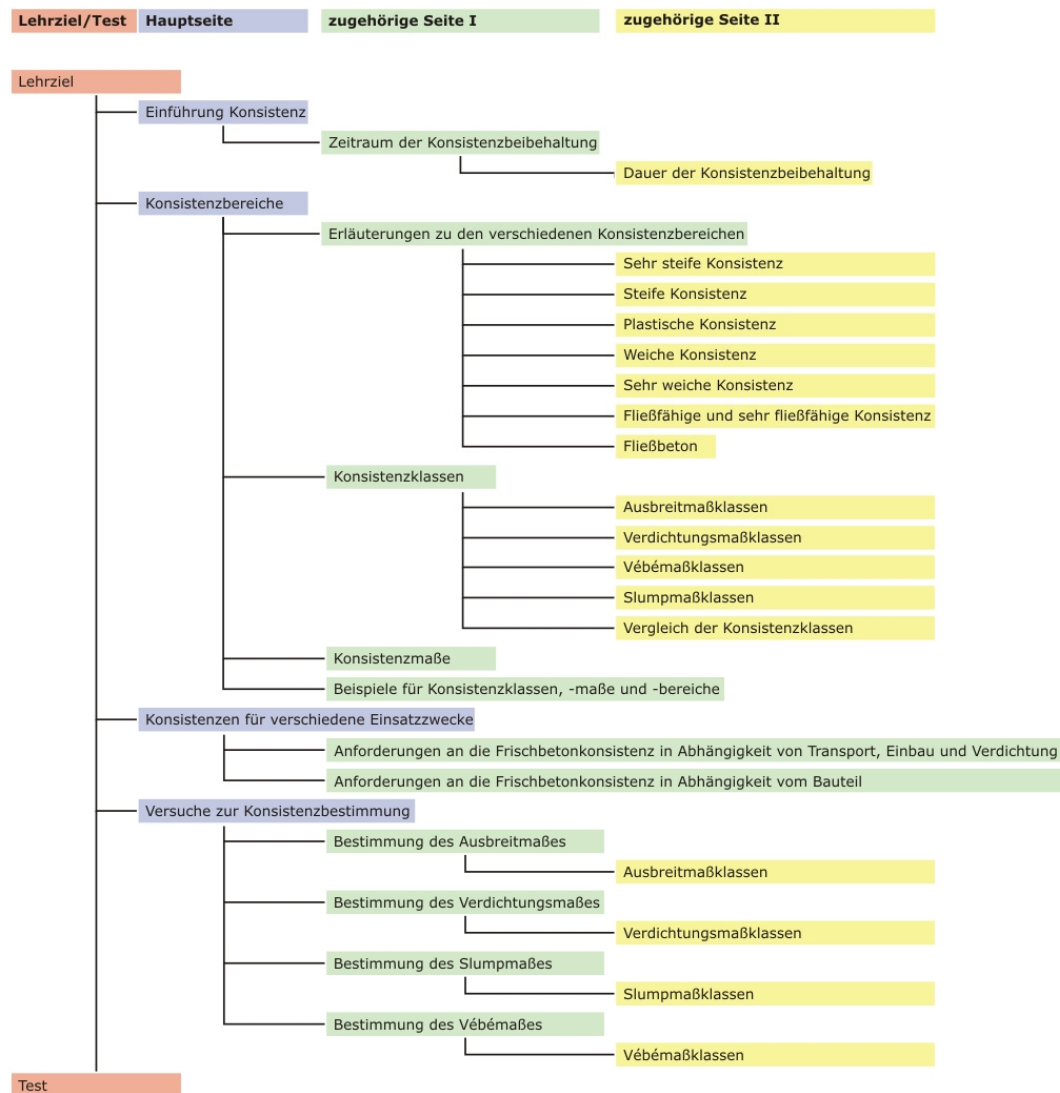


Abbildung 4-3 Lehrpfad Konsistenzbestimmung – Seitenstruktur

Um den Vorlieben möglichst aller Lernertypen gerecht zu werden, sind die Seiteninhalte auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt. Auf der Seite „Bestimmung des Ausbreitmaßes“ wird das entsprechende Vorgehen sowohl via Text, als auch via Animationen und via Video erläutert bzw. vorgeführt. Den Text kann man sich bei diesem Lehrpfad auch vorlesen lassen. In Abbildung 4-4 ist eine typische Lehrpfadseite des WiBA-Net[®] dargestellt.

Der komplette Lehrpfad, d.h. der Abdruck der einzelnen Lehrpfadseiten, befindet sich im Anhang A. Animationen und Videos konnten natürlich nicht in Papierform dargestellt werden.

Einerseits kann der Lerner linear durch den Lehrpfad navigieren und damit alle Seiten erarbeiten. Dadurch bekommt man das Gefühl nichts ausgelassen zu haben. Dieses Vorgehen wird von den meisten Studenten favorisiert. Andererseits besteht auch die Möglichkeit der freien Navigation. Zum Beispiel kann man sich mit Hilfe der Hauptseiten zunächst einen schnellen Überblick über den Inhalt des Lehrpfadthemas verschaffen, um anschließend nur bei ausgewählten Hauptseiten die zugehörige vertiefende Information abzufragen.



Abbildung 4-4 Seite - Bestimmung des Ausbreitmaßes

Die Bearbeitung eines Lehrpfades dauert zwischen 15 und maximal 45 Minuten. Diese Zeitbegrenzung resultiert aus dem Einfluss der im Gegensatz zu Papier oder Tafel vergleichsweise schlechten Bildqualität der Computerdisplays, wodurch ein Ermüdungseffekt relativ schnell eintritt [SESI 2003].

Mehrere Lehrpfade sind zu einem Lehrgang und mehrere Lehrgänge zu einem Kurs, z.B. Kurs Holz, zusammengefasst. Zusammen bilden sie das Lehrgebiet Werkstoffe im Bauwesen ab.

4.2.3 Lernkontrollen

Die Selbsttests am Ende eines jeden Lehrpfades wurden erst am Ende der Projektlaufzeit im Jahre 2003 eingeführt. Die didaktische und technische Konzeption dieser Tests wurde von der Arbeitsgruppe „Tests“ unter meiner Leitung vollzogen. Es zeigte sich schnell, dass sich die Tests hoher Beliebtheit erfreuen. Eine Auswertung der Logdateien zeigt, dass fast alle Nutzer während bzw. nach dem Bearbeiten der Lehrpfade auch den Test absolvieren. Deshalb liegt es nahe, das wichtigste Prinzip des WiBA-Net[®] folgendermaßen zu erweitern:

1 Seite → 1 Inhalt → 1 Wissensseinheit → 1 Testfrage

Allerdings wurde in WiBA-Net[®] nicht zu jeder Seite auch eine Testfrage erstellt, denn die Tests sollten in kurzer Zeit absolviert werden können. Daher sollten die zu einem Lehrpfad jeweils zugeordneten WiBA-Net[®]-Tests, mit denen das Erreichen des Lernziels des Lehrpfades, welches immer zu Beginn des Lehrpfades dargestellt wird, überprüft wird, nicht mehr als

zehn Fragen beinhalten. Neben den Selbsttests am Ende eines Lehrpfades wurden im Rahmen von WiBA-Net[®] auch Testfragen zu den Inhalten der Vorlesungsstunden produziert.

In einem Lehrversuch im Fach Baustofflehre an der TU Darmstadt wurden während der laufenden Vorlesung Testfragen erzeugt und den Studierenden unmittelbar online über den WiBA-Net[®]-Übungspool zur Verfügung gestellt. Die Resonanz bei den Lernern war auch in diesem Fall sehr groß. Für die Zulassung zur Vordiplomprüfung im Fach Baustoffe war von Professor Grübl gemeinsam mit Professor Seeger eingeführt worden, dass die Studierenden bei zwei verbindlichen Zwischentests, die im Semester abgehalten wurden, erfolgreich abschneiden müssen. Mit der Einführung des Zusatzangebots der Tests zu den Inhalten der Vorlesung wurden die Ergebnisse in den Zwischentests besser, was auch bei der anschließenden Vordiplomprüfung der Fall war. Dabei muss man anmerken, dass der Einfluss dieser Lernkontrollen nicht isoliert betrachtet werden kann, denn in dem untersuchten Zeitraum (Frühjahr 2006) wurde zum Beispiel auch der Einsatz von WiBA-Net[®] insgesamt verstärkt.

4.2.4 Hochschullehrerfunktionen

Auch für den Hochschullehrer eröffnete sich durch die Entwicklungen in WiBA-Net[®] eine Reihe von nützlichen Funktionen, z.B. Elsbeth – ein innovatives Präsentationstool für die computerunterstützte Lehre im Hörsaal. An dieser Stelle muss auf die Dissertation meines Kollegen Nils Schnittker verwiesen werden [SCHN 2009].

4.2.5 Didaktik

WiBA-Net[®] ist zwar als reines E-Learning-System nutzbar, der didaktische Ansatz von WiBA-Net[®] kann aber am besten mit dem Begriff Blended Learning beschrieben werden. Die Einbindung von E-Learning-Einheiten wie Lehrpfade und computergestützte Tests in den durch die Präsenzveranstaltung dominierten Studienalltag ist eine didaktische Herausforderung. Das besondere didaktische Konzept von WiBA-Net[®] kann mit dem Begriff „Spiegelei-Prinzip“ beschrieben werden, wie in Abbildung 4-5 dargestellt. Jedes Ei stellt dabei einen Lehrpfad dar, wobei der Dotter die essentiellen Fakten des Lehrpfades symbolisiert und das Eiweiß symbolisch für die bloomschen Wissensebenen „Verstehen“ und „Anwenden“ [BLOO 1976] steht. Erst bei einer gewissen Anzahl von Eiern, zum Beispiel in einer Pfanne, verschmelzen die „Wissensbausteine“ zu einer geschlossenen, vernetzten Fläche. Für den Lerner bedeutet dies, dass sich durch die Bündelung von inhaltlich zusammengehörigen Lehrpfaden mit gegebenenfalls zusätzlichen Präsenzveranstaltungen erst der entscheidende Mehrwert des WiBA-Net[®] offenbart. Denn wenn nur ein Ei fehlen sollte, könnte unser Gehirn wesentlich Verknüpfungen nicht erstellen. Durch die WiBA-Net[®]-Lehrpfade kann der fehlende Sachverhalt entweder neu aufgenommen oder in Form einer Wiederholung erst verständlich werden. Erst mit der vollständigen Aufnahme eines Themengebiets wird der Lerner in die Lage versetzt die höheren Wissensebenen „Analyse“, „Synthese“ und „Evaluation“ eigenständig zu erarbeiten und zu vertiefen. Zusätzliche Übungsaufgaben unterstützen diesen Prozess

[KÖHL 2006]. Dies steht im Einklang mit den Erkenntnissen der Neurowissenschaften (siehe auch Abschnitt 3.1.4).

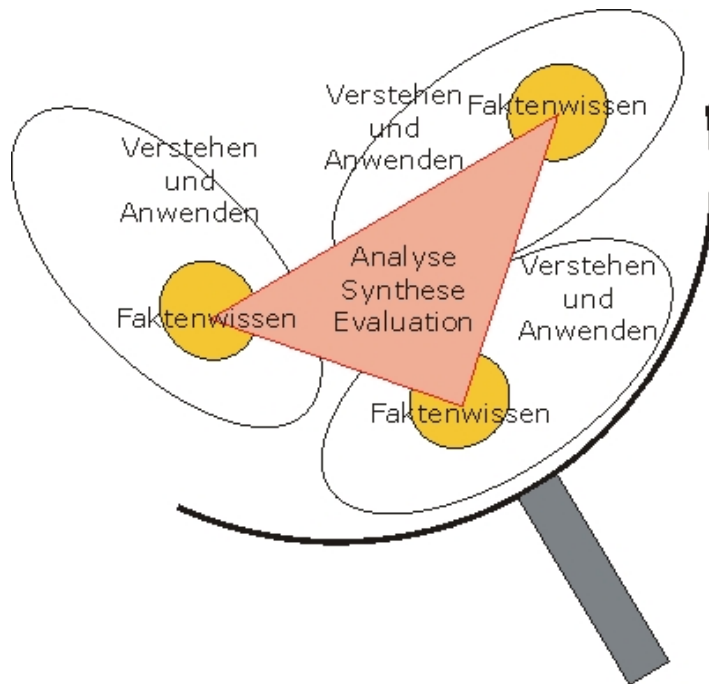


Abbildung 4-5 Spiegelei-Prinzip

Die didaktische Qualität oder Vermittlungsqualität bemisst sich letztlich daran, ob und wie WiBA-Net[®] bei den Studenten „ankommt“. In WiBA-Net[®] wird sowohl die geführte Instruktion als auch die freie Bewegung im Sinne des Konstruktivismus unterstützt. Es kommt somit sowohl dem Bedürfnis der Studierenden entgegen, Orientierung durch klare Strukturen und Rückmeldung über den erreichten Lernstand zu erhalten, als auch dem Bedürfnis, eigenen Lerninteressen nachzugehen und sich auch auf unvorgesehenen individuellen Pfaden der Stoffaneignung zu bewegen. In WiBA-Net[®] wird die Vermittlung des Stoffes auf den unterschiedlichen Lernziel- und Kompetenz-Ebenen konsequent umgesetzt. Lernziele, Inhalte und Tests sind aufeinander abgestimmt [SESI 2003].

Die Erfahrung mit WiBA-Net[®] zeigt, dass mit der Entwicklung und Einführung von multimedialen E-Learning-Systemen der Nürnberger Trichter trotzdem noch nicht erfunden wurde und Lernen auch weiterhin mit Anstrengung verbunden bleibt.

Eine Umfrage bei den Darmstädter Studenten aus dem Jahre 2003, die WiBA-Net[®] nutzten, kam zu dem Ergebnis, dass 94 Prozent die computergestützten Lernkontrollen des WiBA-Net[®] auch zur Prüfungsvorbereitung genutzt haben. Um derartige Lernkontrollen effizient in der Ausbildung einsetzen zu können, muss vor allem die vorhandene Prüfungssituation betrachtet werden. Im folgenden Abschnitt wird dies exemplarisch für die TU Darmstadt vollzogen. Da WiBA-Net[®] auch für den Einsatz in der Weiterbildung entwickelt wurde, sind die dabei vorhandenen besonderen Aspekte ebenfalls zu berücksichtigen. Doch nicht nur zur Prüfungsvorbereitung, sondern auch für die Prüfung selbst, sind computergestützte Tests, sowohl in der Aus- als auch in der Weiterbildung, ein geeignetes Werkzeug.

4.3 Die Prüfungssituation bei der universitären Bauingenieur-ausbildung

4.3.1 Die Situation am Beispiel der TU Darmstadt

Das Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt soll zu einem den wissenschaftlichen Ansprüchen genügenden Abschluss führen und die praktische und wissenschaftliche Tätigkeit als Bauingenieur ermöglichen. Dazu sind in der zugehörigen Studienordnung sowohl allgemeine als auch fachspezifische Studienziele definiert worden [MOTZ 2004]:

„Die Studierenden sollen insbesondere folgende allgemeine Qualifikationen erwerben (allgemeine Studienziele):

- die Fähigkeit, nach wissenschaftlichen Methoden selbständig zu arbeiten;
- die Fähigkeit, die fachlichen Probleme und Aufgaben in ihrer Komplexität zu erkennen;
- die Fähigkeit, sich in neue Gebiete und Methoden des gewählten Fachgebietes und seiner Nachbargebiete selbständig einzuarbeiten;
- die Fähigkeit, schöpferisch zu handeln, z.B. neuartige Erkenntnisse, Methoden und Problemlösungen zu entwickeln;
- die Fähigkeit, die fachspezifischen und gesellschaftlichen Folgewirkungen ihres Handelns unter Würdigung der technischen, sozialen, ökonomischen und ökologischen, regionalen und globalen Auswirkungen beurteilen und berücksichtigen zu können;
- die Fähigkeit und Bereitschaft zur interdisziplinären und internationalen Kooperation über die fachlichen, administrativen und politischen Grenzen hinaus;
- die Fähigkeit, unterschiedliche Lösungen abzuwägen, sachlich und verständlich zu erläutern, Entscheidungen zu treffen und zu begründen.

Die übergeordneten, fachlichen Studienziele sind die Erarbeitung und Reflexion der folgenden Fähigkeiten (...):

- die Fähigkeit zur Beurteilung der vielfältigen Anforderungen an bauliche Anlagen aller Art in quantitativer und qualitativer Hinsicht unter Berücksichtigung nationaler und internationaler Standards und Entwicklungen;
- die Fähigkeit zur Beurteilung der ökonomischen und ökologischen Bedeutung und der Auswirkungen des eigenen Handelns;
- die Fähigkeit zur Wahl der am besten geeigneten Methoden und Verfahren zur Lösung bestimmter Aufgaben;
- die Fähigkeit zum Planen, Beurteilen, Entwerfen, Bemessen, Konstruieren, Bauen, Betreiben und Erhalten von baulichen Anlagen aller Art nach technischen, ökonomi-

schen und ökologischen Gesichtspunkten auf der Grundlage der vorhandenen und zukünftigen Gegebenheiten.

Die fachspezifischen Lernziele, die fortwährend an die aktuellen Entwicklungen angepasst und unter Berücksichtigung der internationalen, wissenschaftsbasierten Aspekte behandelt werden, sind:

- die Zusammenhänge der im Bauwesen verwendeten Werkstoffe und Materialien, der Bauphysik sowie der Bewegung von Wasser kennen, verstehen und anwenden;
- Ingenieurbauwerke, einschließlich ihrer Gründung unter Berücksichtigung von Funktionsfähigkeit, Gebrauchs- und Bruchsicherheit sowie Wirtschaftlichkeit, Ästhetik und des Umweltschutzes konzipieren, entwerfen, konstruktiv durchbilden und bauen; dies schließt die Analyse der Tragwerke ein;
- raumgestaltende Maßnahmen aufgrund der sozialen, kulturellen, ökonomischen, ökologischen, technischen und rechtlichen Gegebenheiten beurteilen und gestalten;
- Infrastruktur unter Berücksichtigung von technischen, ökonomischen und Umweltbezogenen Gesichtspunkten planen, entwerfen, konstruktiv durchbilden, bauen, betreiben und erhalten; dies schließt die Verkehrsplanung, die Bewirtschaftung, Ver- und Entsorgung von Wasser sowie den Umgang mit Abfall ein;
- den Bau von Infrastruktur- und Ingenieurbauwerken unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen, sozialen, wirtschaftlichen, technischen und baubetrieblichen Gesichtspunkten vorbereiten und organisieren.“ [MOTZ 2004, S.1f]

Daneben gibt es den Wunsch aus der Wirtschaft, dass Bauingenieure unmittelbar nach dem Studium in der Praxis einsetzbar sind. Durch die hohe Komplexität und die vielen Teildisziplinen des Studiums sind alle Kriterien nur sehr schwer gemeinsam zu erfüllen. Als Kompromiss hat sich sowohl an der TU Darmstadt als auch an vielen anderen Universitäten vor Einführung der Bachelor- und Masterabschlüsse eine Dreiteilung des Studiums in ein Grundstudium, ein Grundfachstudium und ein Vertiefungsstudium durchgesetzt. Im Grundstudium werden vornehmlich die mathematischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen vermittelt. Erst mit dem Grundfach- und dem anschließenden Vertiefungsstudium wird der Bezug zur Anwendung hergestellt, wie in Abbildung 4-6 dargestellt ist.

Auf diese Weise stellen sich auch die Prüfungen im Bauingenieurwesen dar. Während die Vordiplomprüfungen vor allem aus mathematischen und physikalischen Berechnungsaufgaben bestehen, ändert sich der Fragestil in bauingenieurspezifischen Fächern dahingehend, dass vermehrt nach Anwendungs-, Handlungs- und Synthesewissen gefragt wird. Das Synthesewissen wiederum ist die Grundlage für die Erlangung von Problemlösungskompetenz.

Dies hat zur Folge, dass die Prüfungsaufgaben sehr komplex werden. Vielfach müssen die Prüflinge komplette praxisnahe Szenarien bearbeiten, wobei eine einzelne Aufgabe aus vielen Teilaufgaben aufgebaut ist und erzielte Ergebnisse oft in den folgenden Aufgabenteilen wieder eingebracht werden müssen.

In den Papier-und-Bleistift-Prüfungen sind häufig Skizzen anzufertigen, Berechnungen durchzuführen, bei denen umfangreiche Formeln verwendet werden müssen sowie Erläuterungstexte zu schreiben und Pläne anzufertigen oder zu ergänzen. Eine computergestützte Umsetzung der Prüfungen ist somit, wenn überhaupt, nur mit hohem Aufwand zu realisieren. Ohne eine teilweise Umstrukturierung der Prüfungsfragen, hin zu gebundenen Frageformaten, ist eine Umstellung auf computergestützte Prüfungen nur bedingt sinnvoll.

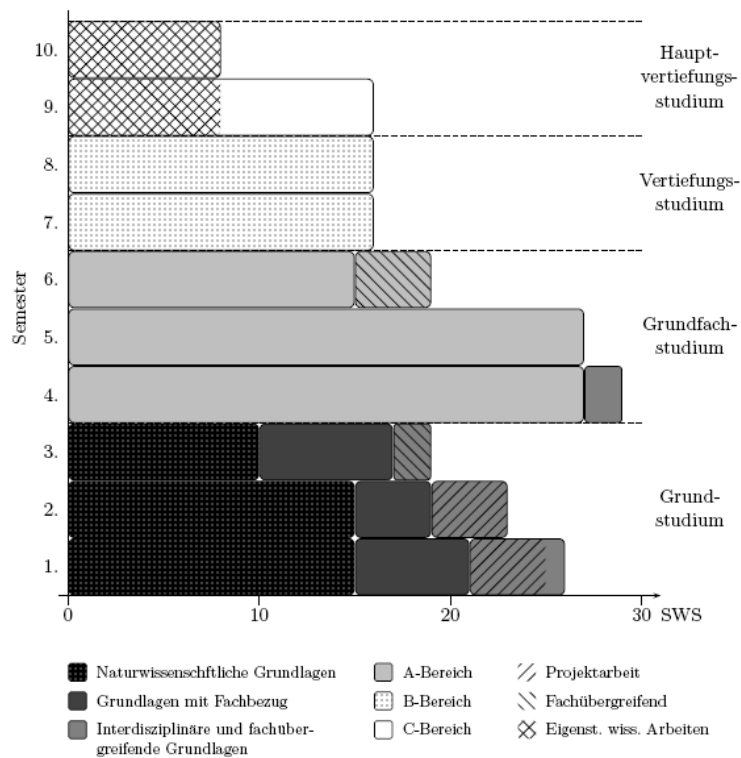


Abbildung 4-6 Struktur des Diplom-Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt [STEIN 2007]

Infolge des Bolognaprozesses wird zum Beispiel auch an der TU Darmstadt der Diplomabschluss durch Bachelor- und Masterabschlüsse ersetzt. Dies hat zu Folge, dass die Anzahl der Prüfungsereignisse zunimmt. In der Regel muss nach jedem Semester eine Prüfung über den zugehörigen Lehrinhalt der jeweiligen Kurse angeboten werden. Das bedeutet, dass bei Lehrveranstaltungen, die sich bislang über zwei oder sogar drei Semester erstreckt haben, die Prüfung nunmehr zu unterteilen ist. Die bekannten stundenlangen Diplomhauptprüfungen gehören damit der Vergangenheit an. Dies schafft einerseits Probleme durch den erhöhten Aufwand für die Konstruktion, Durchführung und Auswertung der Prüfungen und andererseits Probleme bei der inhaltlichen Gestaltung der Prüfungen. Bislang konnte man die Lehre in der Weise optimieren, dass die Lerner das größtmögliche Wissen am Ende der Lehrveranstaltung aufweisen. Häufig wurde das erste Semester vorrangig für die Erarbeitung der Grundlagen genutzt, deren Anwendung und Vertiefung in den folgenden ein bis zwei Semestern folgte. Das würde jetzt dazu führen, dass mit der ersten Prüfung nur reines Grundlagenwissen geprüft werden könnte. Zwar würde sich eine solche Prüfung sehr gut als E-Prüfung durchführen lassen, jedoch können solche Prüfungen nicht das Ziel einer Ausbildung sein, bei der der

Schwerpunkt auf der Problemlösekompetenz liegt. Recherchen an der TU Darmstadt haben ergeben, dass, in mindestens einem Fall, die neuen Prüfungen nicht auf den Inhalt des jeweiligen Semesters reduziert wurden und in dem konkreten Fall beide Masterprüfungen exakt den gleichen Inhalt als Grundlage hatten.

Weiterhin müssen die Klausuren möglichst unmittelbar nach dem Ende der Vorlesungszeit angeboten werden, womit Studierenden ein Wechsel zwischen den europäischen Universitäten erleichtert werden soll. Damit wird die Zeit für eine intensive Prüfungsvorbereitung, die eigentlich nur in der vorlesungsfreien Zeit stattfinden kann, kürzer, was zur Folge hat, dass vermehrt in der Vorlesungszeit auf die Prüfung gelernt werden muss. Eine Erhöhung der Effizienz der Prüfungsvorbereitung erscheint dringend notwendig, wenn vermieden werden soll, dass Studenten nur noch mit dem Ziel des Bestehens von Prüfungen studieren. Diese Gefahr besteht auch vor dem Hintergrund, dass der prognostizierte Zeitbedarf für ein Bachelor- und Masterstudium höher als beim Diplomstudium ist, wobei sich die Regelstudienzeit von zehn Semestern aber nicht verändert hat.

Daher werden Projekte wie das WiBA-Net[®] zunehmend an Bedeutung gewinnen. Weiterhin wird auch die populäre Vorlesung ihren Platz in der Ausbildung der Studenten behalten, allerdings wird sie sich in vielen Fällen wandeln, weg von der kompetenzvermittelnden Art und dafür hin zu einer kompetenzvertiefenden Lehrform. In der Praxis können viele Themen dann besser via E-Learning und somit zeit-, orts- und tempounabhängig vermittelt werden und die Vorlesung steht als Diskussionsplattform zur Verfügung, auf der vertiefende und praxisnahe Themen behandelt werden.

4.3.2 Prüfungsvorbereitung

Eigene Umfragen haben ergeben, dass sich fast alle Studierenden zur Prüfungsvorbereitung mit den vorangegangenen Klausuren in dem entsprechenden Fach auseinandersetzen. Dieses Vorgehen erfreut sich hoher Beliebtheit. Dem Autor sind sogar Fälle bekannt, bei denen die Prüfungsvorbereitung ausschließlich über die alten Klausuren ablief und keine einzige zugehörige Vorlesung oder Übung besucht und auch kein Skript gelesen wurde. Die Prüfung wurde in diesen Fällen dennoch häufig mit einer guten oder sogar sehr guten Note bestanden. Das Arbeiten an und mit den Prüfungsaufgaben kann somit auch genutzt werden, um Wissen beim Lernen zu konstruieren. Allerdings birgt dieses Vorgehen auch die Gefahr, dass die Aufgaben lediglich schematisch erlernt werden, d.h. ohne zugehöriges Hintergrundwissen.

Bis 2003 wurden solche alten Klausuren zentral vom Lernzentrum für Bauingenieure zur Verfügung gestellt. Die Studenten konnten sich dort Kopiervorlagen ausleihen. Mittlerweile bietet quasi jedes Fachgebiet die alten Prüfungen über die jeweilige Fachgebietshomepage an. Das klingt zunächst fortschrittlich, jedoch muss berücksichtigt werden, dass dafür in der Regel ein Zugang mit Benutzername und Passwort erforderlich ist, der zudem in jedem Fachgebiet unterschiedlich ist. Eine zentrale Sammelstelle (z.B. gemeinsame Lernplattform) wäre dabei ein erster Effizienzgewinn, der mit geringen Mitteln zu bewerkstelligen wäre.

In den 1990er Jahren wurde in der Technischen Mechanik (Grundstudium) nach jedem Semester ein Repetitorium angeboten, das zwar in den Räumen der Universität stattfand, jedoch von privater Seite durchgeführt wurde und somit kostenpflichtig war. In dem Repetitorium wurden vier Wochen lang alte Prüfungsaufgaben durchgegangen, mit dem Ziel die Aufgabenstellungen möglichst schnell zu bearbeiten. Es gab kaum einen Studenten, der auf diese Form der Vorbereitung verzichtet hat. Da die Vordiplomprüfung in diesem Fach infolge standardisierter Aufgaben erheblich vereinfacht wurde, ist diese Veranstaltung mittlerweile wieder verschwunden.

In fast allen Lehrveranstaltungen im Bauingenieurwesen dienen teilweise verbindliche, teilweise freiwillige Übungen zur Kompetenzvertiefung des Lehrstoffs. Da die Übungsaufgaben sehr häufig in nur leicht modifizierter Form in den zugehörigen Prüfungen wieder zu finden sind, werden diese auch intensiv zu Prüfungsvorbereitung genutzt. Zum Beispiel existieren für das Fach Bauphysik mehrere computergestützte interaktive Übungen, mit deren Hilfe u.a. der Wärmeschutznachweis nach der Energieeinsparverordnung geübt werden kann [KÖHL 2006].

4.3.3 Lerner – Lehrender – Interaktion

Die verschiedenen Arten der Interaktion zwischen Lehrenden und Lernern haben einen großen Einfluss auf den Lernprozess und das Gelingen bzw. Scheitern einer Lehrveranstaltung. Das Klima zwischen Lehrenden und Lernern muss stimmen und eine Vertrauensbildung muss beim Lerner einsetzen. Der Lehrende muss mit Pathos, Ethos und Logos überzeugen können, andernfalls wird kaum ein Lernerfolg bei den Studenten zu beobachten sein.

An der TU Darmstadt existiert seit geraumer Zeit ein Mentorensystem, dass unter anderem dazu beitragen soll, Konflikte, die zu einer Verschlechterung des Klimas führen könnten, aus dem Wege zu räumen. Eigene Umfragen haben gezeigt, dass Studenten dieses Angebot nur sehr zögerlich nutzen.

Eine persönliche Interaktion zwischen Lehrenden und Lernern findet am häufigsten in Sprechstunden statt. Der Student neigt aber dazu, lieber die Sprechstunde eines Mitarbeiters, als die des Professors aufzusuchen. Der Respekt und die Angst sich zu blamieren sind als Gründe zu sehen. Die Sprechstundenzeiten sind von Lehrendem zu Lehrendem verschieden und nur selten an den individuellen Stundenplan der Lerner angepasst, so dass der Besuch der Sprechstunde häufig mit einem erheblichen zeitlichen Aufwand bei den Lernern verbunden ist. Die Erfahrung lehrt, dass Studenten insbesondere kurz vor Prüfungsereignissen die Sprechstunde verstärkt wahrnehmen. Nur selten werden dann Verständnisfragen gestellt, dagegen sehr häufig Detailfragen zu „alten“ Prüfungsfragen.

Auch im Anschluss an die Vorlesungsstunde suchen Studierende häufig den Kontakt zum Dozenten – dabei bilden sich teilweise richtige Menschentrauben, in denen der Dozent eingekesselt wird – und stellen ihm Fragen in Bezug auf die Vorlesung. Hierbei zeigt sich, dass die Angst sich vor den Kommilitonen zu blamieren noch viel größer ist, denn sonst könnte man die Frage auch schon während der Vorlesung stellen. Manche dieser nach der Vorlesung

gestellten Fragen stellen sich bestimmt viele Studierende. Umso bedauerlicher ist es, dass diese in den allermeisten Fällen nur in der Interaktion zwischen einem Lerner und dem Lehrenden erörtert werden. In all diesen Fällen lassen sich computergestützte Lernkontrollen bzw. Fragen effizient einsetzen.

Vor allem bei Massenveranstaltungen ist die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernen nur sehr gering ausgeprägt, denn die meisten Gesichter der Lerner wird sich der Dozent nicht merken können, so dass der Aufbau eines gegenseitigen Vertrauensverhältnisses kaum möglich ist. Ein interessanter Lösungsansatz wurde von Prof. Mühlhäuser an der TU Darmstadt geschaffen, wie bereits in Abschnitt 3.1.5 erwähnt wurde. Im Grundstudium Informatik (Massenveranstaltung) setzt er den von ihm entwickelten digitalen Hörsaal ein. Das Konzept des digitalen Hörsaals schließt unter anderem die direkte anonyme Fragestellung von Seiten der Studenten während der Vorlesung ein. Der Student nutzt dazu sein Notebook und kann direkt auf den Monitor des Dozenten seine Frage zur Anzeige bringen. Letztendlich obliegt es freilich dem Professor, ob er auf die Frage unmittelbar reagiert oder nicht [MÜHL 2003].

Mit E-Learning glaubte man zunächst die Interaktion zwischen Dozent und Lerner zu verbessern. Es hat sich aber gezeigt, dass die Kommunikationsmethoden des E-Learnings kein Ersatz für einen Face-to-Face Kontakt darstellen. Neuer Technologie, wie zum Beispiel Skype, bieten eine Chance, indem sie die auch aus WiBA-Net[®] bekannte Chat-Whiteboard-Technologie mit einem Videokonferenzsystem verknüpfen, so dass sich die Teilnehmer zusätzlich gegenseitig sehen können, d.h. Mimik und Gestik der Gesprächspartner werden untereinander wahrgenommen, womit mehr soziale Nähe erzeugt wird.

Ein entscheidender Aspekt im Verhältnis Lehrender / Lerner ist die Glaubwürdigkeit. Ganz entscheidend ist dabei der erste Kontakt. Anhand des Verhaltens und des Aussehens beurteilen wir eine Person nach nur wenigen Sekunden hinsichtlich seiner Glaubwürdigkeit. Dieser erste Eindruck bleibt auch dann maßgebend, wenn sich im Folgenden bei einer neuerlichen Beurteilung ein anderes Ergebnis herauskristallisieren sollte [CASP 2006]. In Bezug auf ein computergestütztes Testsystem bedeutet dies, dass die Zuverlässigkeit insbesondere bei der jeweils ersten Anwendung unbedingt gegeben sein muss, da sonst keine Akzeptanz mehr erreicht werden kann.

4.3.4 Diversität der Lerner

Sowohl in der Präsenzlehre als auch beim E-Learning wird kaum auf unterschiedliche Lerner-typen eingegangen. Vielmehr betrachtet man häufig nur den durchschnittlichen Lernertyp, stimmt die Lehre bzw. das Lehrsystem darauf ab und glaubt, es damit allen recht zu machen. Ein durchschnittlicher Mensch behält vom Lernstoff im Gedächtnis [MIET 2003]

▪ beim Lesen	10%
▪ beim Hören	20%
▪ beim Sehen	30%
▪ beim Hören und Sehen	50%
▪ beim Schreiben und Sagen	70%
▪ beim Sagen und Tun	90%

Daraus ergibt sich, dass eine Lehre, bei der mehrere Vermittlungswege parallel genutzt werden Vorteile hat [HOLS 2002]. Für die Bereitstellung von vielen unterschiedlichen Vermittlungswegen sind E-Learning-Systeme, wie das WiBA-Net[®], eine große Hilfe. Durch die Darstellung über multiple Kanäle wird der Lerneffekt verstärkt.

Diese Verstärkung ist aber nicht bei allen Lernertypen gleich. Individuelle, teils bewusste, teils unbewusste Vorlieben spielen eine große Rolle. Arnold und Hüholdt [ARNO 2002 und HÜHO 1993] unterscheiden folgende Lernertypen:

- auditiv
- visuell
- haptisch
- olfaktorisch
- abstrakt-verbal
- kontaktorientiert
- mediumorientiert
- sinnanstrebbend

Für die sinnvolle Anpassung von E-Learning-Arrangements hat Ehlers [EHLE 2004] eine Zielgruppenanalyse (Faktorenanalyse) durchgeführt und vier „Qualitätstypen“ extrahiert. Diese sind:

- Der Individualist:

Beim Individualisten spielt der Inhalt die entscheidende Rolle.

wichtig	unwichtig
<ul style="list-style-type: none"> • inhaltsbezogene Qualitätsansprüche • individualisierte Angebote • didaktische Strukturierung • selbstgesteuertes Lernen 	<ul style="list-style-type: none"> • Präsenzveranstaltungen • Interaktion • Kommunikation

- Der Ergebnisorientierte:

Für den Ergebnisorientierten sind Eigenständigkeit und Zielorientierung die wesentlichen Kriterien.

wichtig	unwichtig
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsintegriertes Lernen • Instrumentelle Zweckorientierung • Lern- und Medienkompetenz 	<ul style="list-style-type: none"> • individualisierte Angebote • Präsenzveranstaltungen • Interaktion • Kommunikation

- Der Pragmatiker:

Der Pragmatiker orientiert sich vor allem an der Notwendigkeit und dem Nutzen, etwas zu lernen.

wichtig	unwichtig
<ul style="list-style-type: none"> • sachorientierte, tutorielle Betreuung • außerökonomische Kosten • Information und Beratung • didaktische Anforderungen • selbstgesteuertes Lernen 	<ul style="list-style-type: none"> • individualisierte Angebote

- Der Avantgardist:

Für den Avantgardisten sind vor allem die Interaktionen mit den am Lernprozess beteiligten Personen von großer Bedeutung.

wichtig	unwichtig
<ul style="list-style-type: none"> • Diskussion, Kommunikation • lernerorientierte, tutorielle Betreuung • Medien/Technik avantgardistisch • virtuelle Lerngruppen • Information und Beratung • didaktische Reichhaltigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Für den Avantgardisten ist nichts „weniger wichtig“

Somit kann es auch für eine Lernergruppe keine einheitliche Pädagogik geben. Die Ergebnisse der Hirnforschung gelten allerdings unabhängig vom Lernertyp. Für den Einsatz von

Lernkontrollen bedeutet das, dass es immer Lerner geben wird, die diese ablehnen und immer solche, vor allem die ergebnisorientierten, die diese lieben werden.

4.3.5 Lernparameter

4.3.5.1 Einführung

Unter Lernparameter werden all die Randbedingungen zusammengefasst, die einen Einfluss auf den Lernprozess, insbesondere beim E-Learning haben. Damit sind sie eine wichtige Grundlage für alle E-Learning-Systeme, für alle computergestützten Lernkontrollen und somit auch für die Bildung des Modells.

4.3.5.2 Infrastruktur

Im Jahre 2003 konnte mit Hilfe einer eigenen Umfrage festgestellt werden, dass 86 Prozent der befragten Lerner an der TU Darmstadt einen eigenen PC und 39 Prozent ein Notebook besitzen. Außerdem hatten fast 45 Prozent der Befragten zu Hause einen Breitband-Internetzugang. Lediglich 10 Prozent verfügten über keinen privaten Internetzugang. Diese Zahlen decken sich nahezu mit der Studie der HIS GmbH – „E-Learning aus Sicht der Studierenden“ –, die im Auftrag der Bundesregierung im Jahre 2004 durchgeführt wurde [HIS 2005]. Laut Statistischem Bundesamt hatten in Deutschland in 2006 in der Personengruppe von 10 bis 24 Jahre bereits 92 Prozent einen Internetzugang. Gegenüber den Werten des Bundesamts von 2003 gab es eine Steigerung von fast 20 Prozent [STAT 2007]. Diese Zahlen belegen, dass heutzutage von einer nahezu vollständigen Internetverfügbarkeit bei den Studenten ausgegangen werden kann.

Für die ca. fünf Prozent der Studenten ohne Internetzugang stehen an der Universität Rechnerräume zur Verfügung. Das bedeutet, dass die Ausstattung mit internetfähigen Rechnern kein Hindernis mehr für E-Learning in der universitären Ausbildung ist.

4.3.5.3 Lernorte

Der Lernort hat in Bezug auf die Lerneffizienz eine große Bedeutung. Mit dem Lernort werden Gefühle assoziiert, die das Lernen beeinflussen. Zum Beispiel sollte man nie in einem Seminarraum an der Hochschule lernen, in dem man schon einmal ein schlechtes Ergebnis bei einer Prüfung erzielt hat. Unterbewusst verbindet man den Ort mit negativen Emotionen, zum Beispiel mit Angst. Dadurch werden Gehirnbereiche aktiv, mit denen eine strukturierte Aufnahme des Lernstoffs nicht möglich ist, und die für das Lernen wichtigen Bereiche, wie zum Beispiel der Hippocampus, kommen nur unzureichend zum Einsatz. Man spricht in diesem Zusammenhang auch vom Einfluss des Quellengedächtnisses.

Für das computergestützte Lernen ist eine Online-Anbindung am entsprechenden Lernort erforderlich. Wie oben aufgeführt ist die Internetverfügbarkeit bei den Studenten sowohl zu Hause als auch an der Universität vorhanden. Für die Nutzung am Campus kommt häufig das eigene Notebook zum Einsatz, allerdings nur dann, wenn der Student ausreichend Möglichkeiten hat, dieses diebstahlsicher in den Lernpausen zu verwahren. Zum Beispiel sind in der

Bibliothek am Campus Lichtwiese der TU Darmstadt häufig bereits ab der Mittagszeit alle Schließfächer besetzt. Weitere öffentliche Schließfächer stehen campusweit nicht zur Verfügung. Für viele Studenten ist dies ein wichtiger Grund, das eigene Notebook nicht regelmäßig mitzubringen, wie eigene Umfragen belegen. Darüber hinaus gibt es einen weiteren trivial erscheinenden Grund. Durch die zeitlich begrenzte Akkuleistung der Notebooks müssen diese in der Regel nach zwei bis vier Stunden ans Stromnetz angeschlossen werden. Nur selten stehen ausreichend Steckdosen an den Lernorten am Campus zur Verfügung.

Steinborn hat die Lernorte der Bauingenieurstudenten der TU Darmstadt empirisch bestimmt (vgl. Abbildung 4-7)[STEI 2007].

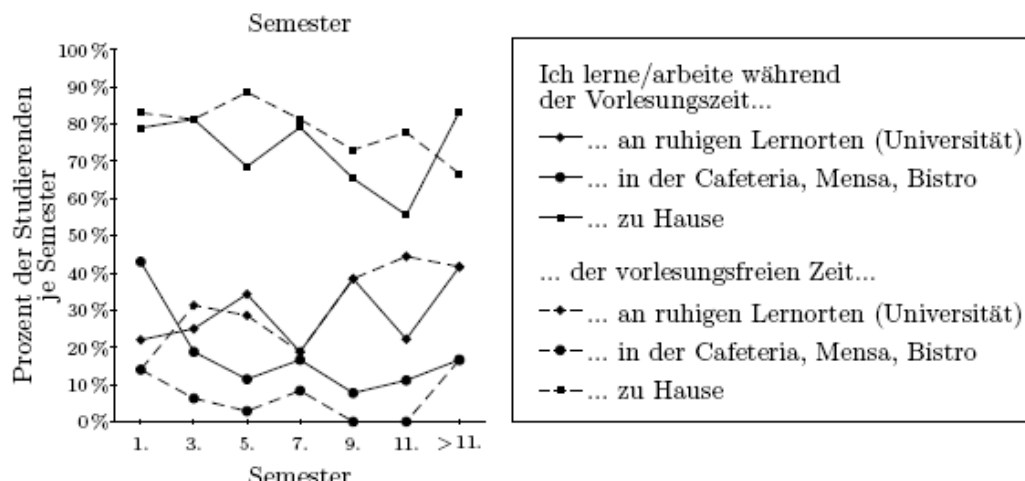


Abbildung 4-7 Lernorte [STEI 2007]

Sowohl während der Vorlesungszeit als auch in der vorlesungsfreien Zeit lernt die deutliche Mehrheit zu Hause. Bei den Studenten, die an der Universität lernen wollen oder müssen, fällt auf, dass mit höheren Semestern ruhigere Orte bevorzugt werden.

4.3.6 Vortests

Eine besondere Prüfungssituation stellen so genannte Vortests dar. In WiBA-Net[®] waren diese ursprünglich vorgesehen, damit der Dozent Kenntnisse über den Wissensstand seiner Studenten vor Beginn der Lehrveranstaltung erhält und er damit seine Lehre entsprechend anpassen kann. Da das Lehrfach „Werkstoffe im Bauwesen“ bei den am WiBA-Net[®] beteiligten Hochschulen sehr unterschiedlich in das Curriculum integriert ist, konnten keine einheitlichen Vortests erzeugt werden, so dass diese Testform beim WiBA-Net[®] nicht zur Anwendung kam.

Wissen baut immer auf bereits vorhandene Erkenntnisse auf, so dass das Vorwissen des Lernalters einen erheblichen Einfluss auf den Lernerfolg hat. Daher wäre es immer wünschenswert dieses Vorwissen zu kennen bzw. mit Hilfe von Vortests zu prüfen. Vortests haben eine Reihe weiterer Funktionen, die im Folgenden dargestellt werden.

Seitdem sich die Hochschulen ihre Studenten in Studienfächern, in denen die Anzahl der Studienplätze begrenzt ist, selber aussuchen und diese nicht mehr von der Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen (ZVS) zugewiesen bekommen, ist die Anzahl der Bewerber

insgesamt sprunghaft angestiegen. Zur Bewältigung des Ansturms haben einige Hochschulen (z.B. Universität Mainz) bereits so genannte Vorauswahltests eingeführt.

Mit Hilfe von computergestützten Vorauswahltests kann die Auswahl der Bewerber sehr effizient geschehen. Dies muss vor allem auch zeitlich sehr schnell erfolgen, da sich die meisten Studienbewerber an sehr vielen Hochschulen bewerben und somit ein aufwändiges Nachrückverfahren unumgänglich ist. Hochschulen, die sich mit dem Verfahren zu viel Zeit lassen, riskieren, dass am Ende nicht alle Studienplätze besetzt werden, was bereits mehrfach geschehen ist [FRIE 2008].

Vortests sind aber auch für die Studienbewerber ein wichtiges Instrument, das ihnen zeigt, was von ihnen in dem jeweiligen Studiengang erwartet wird, was in den nächsten Jahren auf sie zukommt und wie das mit ihren Erwartungen einhergeht. Nach Bölsche [BÖLS 2002] haben viele Studienanfänger (ca. 30 Prozent) nach eigenem Bekunden „keine Ahnung, worauf sie sich einlassen“.

4.4 Aspekte der Weiterbildung

Im Jahre 2000 haben die Mitgliedsländer der Europäischen Union in Lissabon beschlossen, die EU zur wettbewerbsfähigsten und wissensbasierten Region der Welt zu machen. Dem Lebenslangen Lernen kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da nur darüber die Bürger der EU in die Lage versetzt werden können, die dazu notwendigen Fähigkeiten zu erwerben. Doch ein kurzer Blick in die Vergangenheit zeigt, dass dies keine neue Erfindung ist. Schon Goethe hat gesagt: „Es ist schlimm genug, dass man jetzt nichts mehr für sein ganzes Leben lernen kann. Unsere Vorfahren hielten sich an den Unterricht, den sie in ihrer Jugend empfangen; wir aber müssen jetzt alle fünf Jahre umlernen.“

Zu Goethes Zeiten mögen fünf Jahre noch ein vertretbares Maß gewesen sein, heute reicht das nicht mehr aus, wie die Abbildung 4-8 zeigt.

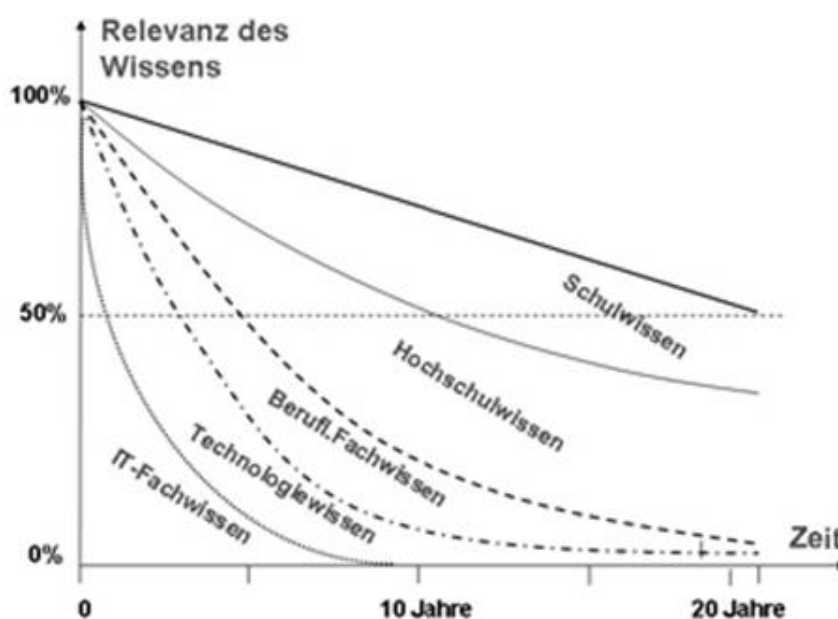


Abbildung 4-8 Halbwertszeit des Wissens [SCHÜ 1996]

Nach Schüppel [SCHÜ 1996] verfügt man bereits nach fünf Jahren nur noch über 50 Prozent des aktuellen beruflichen Wissens. Die Bedeutung der Weiterbildung ist offensichtlich allen bekannt. Unter den Akademikern mit wirtschaftlichen, juristischen, medizinischen oder technischen Hintergrund sind die Bauingenieure leider diejenigen, die sich am wenigsten weiterbilden lassen [DOHM 2003].

Die Lernmethode E-Learning hat auch in der Weiterbildung Einzug gehalten. Auch das WiBA-Net[®] ist für die Weiterbildung von Ingenieuren und Architekten geeignet, wird dazu allerdings bis dato kaum verwendet.

Nach einer Umfrage des Deutschen Volkshochschulverbandes aus dem Jahre 2002 ist für fast 30 Prozent der Befragten das Online-Lernen eine für sie vorstellbare Lernform. Aber bei nur ca. fünf Prozent ist eine hohe Bereitschaft zum Online-Lernen feststellbar. Vor allem ältere Berufstätige haben eine Abneigung gegen diese Weiterbildungsform.

Klassische Weiterbildungsangebote dominieren nach wie vor den Markt. Das Potential für Online-Weiterbildung ist gigantisch. Da in Zukunft niemand mehr ohne Internetkompetenz im Berufsleben bestehen wird, steigen die Chancen für diese Branchen proportional mit dem Altersumbruch in den Unternehmen.

Die Vorteile von E-Learning im Rahmen der Weiterbildung werden zum Beispiel von der Weiterbildungsfirma GeWeB wie folgt beschrieben [GEWE 2008]:

E-Learning hilft, effizient und nachhaltig zu lernen und spart - quasi nebenbei - noch Zeit und Geld. E-Learning lohnt sich,

- ... weil der Job es zeitlich häufig nicht zulässt, tagelang zu Seminaren zu reisen.
- ... weil Sie mit GeWeB Kosten sparen und trotzdem effizient lernen.
- ... weil Sie mit der GeWeB Online-Weiterbildung immer dann lernen, wenn Sie Zeit haben.
- ... weil Sie bereits über ein breites Wissen verfügen, und nicht damit Zeit verlieren wollen, dass Sie zum hundertsten Mal das Gleiche gesagt bekommen.
- ... weil Sie Ihr Lerntempo selber wählen und somit ihren individuellen Bedürfnissen anpassen können.
- ... weil Sie am Ende jeder Lerneinheit prüfen können, ob Sie die wesentlichen Inhalte verstanden haben.
- ... weil für Sie alle relevanten Inhalte didaktisch aufbereitet sind und vernetzt bereitgestellt werden, um Ihnen das Lernen zu erleichtern.
- ... weil Sie mit Hilfe von Animationen und grafischen Darstellungen Zusammenhänge einfacher verstehen.
- ... weil das GeWeB-Expertenteam sowohl inhaltlich als auch didaktisch über jahrelange Erfahrung verfügt.
- ... weil Sie auch am Rechner nicht alleine gelassen werden.

Vor allem der letzte Aspekt ist nur mit enormem Aufwand zu gewährleisten. Teilnehmer von Weiterbildungsveranstaltungen sind im Vergleich zu Studenten weit mehr ergebnisorientiert. Häufig werden die Themen der Weiterbildung unmittelbar für ein anstehendes Projekt benötigt und dementsprechend hoch ist der Betreuungsaufwand. Für viele Teilnehmer ist der persönliche Kontakt sowohl zum Referenten als auch zu den anderen Weiterzubildenden sehr wichtig, so dass Blended-Learning-Kurse den reinen E-Learning-Kursen vielfach vorgezogen

werden. Reine E-Learning-Systeme haben nur dann eine Chance zu bestehen, wenn bei ihnen der Netzwerkgedanke berücksichtigt wird, d.h. der Wissens- und Erfahrungsaustausch der Teilnehmer untereinander möglich ist. Bei vielen älteren Ingenieuren ist noch eine deutliche Abneigung gegen die neuen Medien zu spüren. Bei einem Online-Weiterbildungskurs der Firma GeWeB beschwerte sich ein solcher Teilnehmer vehement über die Schwierigkeiten, die er mit dem E-Learning hätte. Eine kurze Analyse offenbarte dagegen, dass dieser kein einziges Mal versucht hatte, sich ins System einzuloggen. Pure Abneigung war vermutlich sein Motiv.

Ein weiteres Problem für den Einsatz von E-Learning in der Weiterbildung sind die Sicherheitsbeschränkungen in den Unternehmen. Auf Firmenrechnern wird beispielsweise häufig JavaScript nicht zugelassen, oder Popup-Blocker sind nicht deaktivierbar. Wenn nun das Weiterbildungssystem Techniken nutzt, die erst auf umständliche Art und Weise freigegeben werden müssen, ist das für die Sicherheit des Unternehmens zwar gut, die Weiterbildungsmaßnahme verliert aber erheblich an Akzeptanz.

Bei der Online-Weiterbildung ist das Vorwissen der Teilnehmer in den meisten Fällen sehr unterschiedlich. In diesem Zusammenhang sind Vortests ein geeignetes Mittel zur Analyse des Wissenstandes einer Lerngruppe. Bei der Online-Weiterbildung ist das Kriterium für eine erfolgreiche Teilnahme nicht einfach zu definieren. Während bei Präsenzveranstaltungen in der Regel die Teilnahme für Erlangung eines Zertifikats ausreicht, braucht man bei der Online-Weiterbildung ein anderes Bestehenskriterium. Nicht zu schwierige Abschlusstests bieten sich hierzu an. Dass Online-Tests auch bei der Weiterbildung sehr beliebt sind, zeigt sich nicht zuletzt an dem Umstand, dass in der Firma GeWeB schon mehrere Anfragen von Personen eingingen, die ausschließlich den Zugriff auf die computergestützten Tests für ihre persönliche Weiterbildung nutzen wollten, d.h. auf die zugehörigen Lehreinheiten wollten sie verzichten.

Weiterbildungsmaßnahmen, bei denen das Ziel ein anerkanntes Zertifikat ist, haben zum Abschluss in der Regel eine Prüfung. Auch hierzu bieten computergestützte Tests eine effiziente Möglichkeit für die Konstruktion, die Durchführung und die Auswertung der Prüfung. Dazu konnte bereits eine Reihe von Erfahrungen gesammelt werden, die ebenfalls bei der Modellbildung berücksichtigt wurden.

Kapitel 5

Modell

5.1 Allgemeines

Mit Hilfe der Erfahrungen aus der Mitarbeit am Projekt WiBA-Net[®] einerseits und in der beruflichen Weiterbildung andererseits, sowie der Berücksichtigung der Bauingenieurausbildung an der TU Darmstadt und den bestehenden Erkenntnissen der Pädagogik und der Hirnforschung wird nachfolgend ein Modell zur curricularen Einbindung von computergestützten Lernkontrollen vorgestellt. Dieses Modell hat den Anspruch, auf E-Learning und Präsenzveranstaltungen sowohl im Sinne der Aus- als auch der Weiterbildung angewendet werden zu können. Als zentrales Element des Modells fungieren die verschiedenen Formen von Tests bzw. Lernkontrollen. Neben den lernzielorientierten Tests, die als Pre-, Mid- oder Posttest Anwendung finden, werden auch informelle, nicht-kognitive Tests bzw. Testfragen, mit denen Einstellungen und Vorlieben erfragt werden, im Modell genutzt. Daneben spielen normorientierte Tests in Form von Vor-(auswahl-)tests und verbindlichen E-Prüfungen eine Rolle.

Eigene Umfragen haben gezeigt, dass sich fast alle Lerner ein umfassendes Angebot an Lernkontrollen wünschen, wobei deren Bearbeitung stets freiwillig erfolgen muss, damit kein negatives Überwachungsgefühl beim Lerner entsteht und somit die Akzeptanz des Modells massiv sinkt. Gelingt es, beim Studenten ein Gefühl der individuellen Betreuung, anstelle des Überwachungsgefühls, zu vermitteln, stehen mit dem Modell eine Reihe zusätzlicher pädagogischer Möglichkeiten zur Verfügung. Dabei zu nennen sind die Herausfilterung von besonders begabten Studenten oder die Anpassung der Lehre für die einzelnen Lerner durch individualisierte Zusatzangebote, wie zum Beispiel Übungen oder ergänzende E-Learning-Elemente. Das Modell berücksichtigt neben den pädagogisch methodischen auch die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Anwendung von Lernkontrollen in der Bauingenieurausbildung.

5.2 Ziele

Zum Wintersemester 2008/2009 haben ca. 450 Studenten ein Studium im Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie an der TU Darmstadt aufgenommen. An den anderen deutschen Universitäten ist die Lage vergleichbar, das heißt, dass nach einigen Jahren mit wenig bis sehr wenig Studienanfängern, das Bauingenieurwesen wieder zu einem Massenstudiengang

geworden ist, so dass keine optimale persönliche Betreuung der Studenten mehr gewährleistet werden kann. Daher sind Modelle gefragt, die es trotzdem ermöglichen, dass die individuellen Lernprozesse mit einem Höchstmaß an Effizienz ablaufen können.

Das Ziel meines Modells ist daher die Steigerung der Effizienz des Lernprozesses durch den gezielten, strukturierten Einsatz von computergestützten Lernkontrollen unter Berücksichtigung der besonderen Gegebenheiten der Aus- und Weiterbildung bei den Bauingenieuren. Damit ein gehirn-affiner Lernprozess entstehen kann, müssen die Lernkontrollen kontinuierlich und in vergleichsweise kurzen Abständen zu den Vermittlungseinheiten im Studienalltag eingesetzt werden. Die kontinuierliche Messung erscheint notwendig, damit Wissenslücken nicht allzu lange unbemerkt bleiben. Wenn sich diese erst am Ende einer Lehrveranstaltung in Form der nicht bestanden Prüfung offenbaren, bringt das für den Lernerfolg gar nichts. Unser Gehirn braucht ein kontinuierliches Feedback. Neben der eigentlichen Bearbeitung der Lernkontrollen, d.h. dem Beantworten der Fragen, kommt auch der angebotenen Rückmeldung am Ende einer Lernkontrolle eine wichtige Rolle zu.

Das Modell soll weiterhin einen Beitrag zur Aufhebung eines Dilemmas leisten: Auf der einen Seite steht der Wunsch Studienzeiten deutlich zu verkürzen, damit die Studenten früher in das Berufsleben wechseln, auf der anderen Seite hat die Umstellung auf Bachelor- und Masterabschlüsse zu keiner Straffung bzw. Kürzung der Lehrpläne geführt, in manchen Fällen sogar zu einer Ausweitung. Da diese zwei Seiten nicht ohne weiteres zusammen passen, braucht es effektive Modelle, die verhindern, dass weder die Studienzeiten gleich lang bleiben oder sogar länger werden, noch die Leistungen der Absolventen abnehmen. Dass dies ohne zusätzliche Maßnahmen häufig nicht gelingt, zeigt die misslungene Umstellung auf ein achtjähriges Gymnasium in Bayern und Hessen, bei der der ursprüngliche Lehrinhalt einfach in die um ein Jahr gekürzte Ausbildungsdauer hineingepresst wurde.

Man darf aber auch bei dem hier vorgestellten Modell nicht der Illusion verfallen, dass es ein Lernen mit dem Nürnberger Trichter gäbe. Durch das Zusatzangebot der Lernkontrollen entsteht zusätzliche Arbeit, die zunächst einmal auch mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Ein effizienter Einsatz der Lernkontrollen ist nur möglich, wenn diese computergestützt erstellt, durchgeführt und ausgewertet werden. Schon jetzt sind viele wissenschaftliche Mitarbeiter zu lange mit den verbindlichen Prüfungen beschäftigt, Zeit, die ihnen für die Forschung nicht mehr zur Verfügung steht. Auf den ersten Blick führt die Anwendung des Modells zu einer Mehrbelastung, die aber weder wünschenswert, noch notwendig ist. Wie im Folgenden noch gezeigt wird, kann das Modell sogar zu einer Arbeitszeiteinsparung führen, vorausgesetzt, die Methode wird zumindest teilweise auch für verbindliche Prüfungen (E-Prüfungen) eingesetzt. Man stelle sich in diesem Zusammenhang nur einmal vor, wie lange ein Mitarbeiter braucht, um 450 Vordiplomsklausuren, in welchem Fach auch immer, zu korrigieren. Nicht zu vergessen ist dabei die Erhöhung der verbindlichen Prüfungsereignisse durch die Umstellung der Studienabschlüsse.

5.2.1 Sichtweise Lerner

Für den Lerner sollen die modellkonformen Lernkontrollen vor allem ein Instrument zur **Selbsteinschätzung** sein, das er auf freiwilliger Basis nutzen kann. Die Lernkontrollen sollen dabei keine Verstärkung des Wissens auslösen, wie dies vom programmierten Unterricht des Behaviorismus bekannt ist, sondern ein Rückkopplungsinstrument darstellen. Die Selbsteinschätzung soll dabei auf dreierlei Weise möglich sein. Erstens soll ein Soll-Ist-Vergleich zum geforderten Lernziel gezogen werden können (kriteriumsorientierter Maßstab) und zweitens ein Vergleich zu den Leistungen der anderen Lernern der gleichen Lerngruppe (interindividueller Maßstab). Freilich bringt es für den Lernerfolg sehr wenig, wenn ein Lerner weiß, dass alle anderen ebenso viele Wissenslücken haben und er sich auf dieser Erkenntnis ausruht. Dies ist ein Problem, dass nur durch das gezielte, motivierende Eingreifen des Lehrenden gelöst werden kann. Drittens erhält der Lerner eine Einschätzung über seinen individuellen Lernfortschritt (intraindividueller Maßstab).

Sobald der Lerner insbesondere das weiß, was er nicht weiß, kann er auch für sich entsprechende Maßnahmen einleiten. Ein typischer Fall ist eine verpasste Vorlesungsstunde. Zwar erhält man in der Regel ohne größeren Aufwand Mitschriften oder Vortragsfolien, jedoch kennt man das entsprechende Lernziel damit meistens noch lange nicht. Erst mit Hilfe des zugehörigen Tests bekommt man diese Information und kann Lernmängel korrigieren. Da die Fehlerdiagnostik durch die computergestützte Methode sehr schnell geschieht, führt das zu einer Steigerung der Arbeitsfreude beim Lernen. Durch das unmittelbare Feedback fühlt sich der Lerner nicht mehr orientierungslos und verloren und erkennt seine Defizite, die durch gezielte Maßnahmen beseitigt werden können. Dadurch entsteht auch keine Unsicherheit mehr bezüglich der Frage, ob man die zum Lehrstoff zugehörige verbindliche Prüfung bereits zum nächst möglichen Termin mitschreiben könne oder ob man lieber noch ein Semester mit der Prüfung warten solle. Durch den provozierten, kontinuierlichen Lernzuwachs entstehen keine großen Wissenslücken, die anderenfalls in der teilweise kurzen Prüfungsvorbereitungszeit noch geschlossen werden müssten. Dadurch erhöht sich auch die Wahrscheinlichkeit, dass sich erstens mehr Prüflinge trauen eine Prüfung mitzuschreiben und zweitens diese dann auch bestehen, so dass, im Ganzen betrachtet, auf weniger Wiederholungsprüfungen (erneut) gelernt werden muss. Unter diesen Voraussetzungen sollten die durchschnittlichen Studienzeiten abnehmen.

Lernkontrollen haben eine Messfunktion und werden deshalb von den meisten Lernern als eine Art Überwachungsmechanismus gesehen. Der Lerner fühlt sich dadurch fremdbestimmt, was ein häufig genannter Grund gegen die Verwendung von Lernkontrollen ist; de facto ist dies aber nicht so. Die Lernkontrollen erhöhen sogar die Mündigkeit des Lerners. Dieser wird nämlich in die Lage versetzt, selbst darüber zu entscheiden, welche Schritte er zur Steigerung des Lernfortschritts einsetzen möchte. Eventuell kann er mit dem aktuellen Wissensstand auch zufrieden sein. Das Modell ermöglicht dabei auch, dass anhand des Ergebnisses aus den Tests auf der einen Seite und durch die persönlichen Vorlieben auf der anderen Seite jedem Lerner individuelle Zusatzmaßnahmen angeboten werden. Diese Vorteile muss man dem Ler-

ner unbedingt vermitteln, damit dieser die Lernkontrollen akzeptiert und mit hoher Motivation bearbeitet.

Die Lernkontrollen können zusätzlich als Trainingselemente im Sinne von kompetenzvertiefenden Maßnahmen genutzt werden. Da im Bauingenieurstudium dafür bereits reichlich Übungen und Praktika vorgesehen sind, ist dieser Anwendungsfall kein primäres Modellziel.

5.2.2 Sichtweise Lehrender

Der Rückkopplungseffekt ist das Hauptziel des Modells in Bezug auf den Lehrenden, der mit den Lernkontrollen ein Werkzeug zur **Steuerung des Lernprozesses** erhält. Während des Semesters besitzt er häufig keine genaue Vorstellung über den Wissensstand seiner Studenten und ist oftmals sehr überrascht über die zum Teil schlechten Prüfungsleistungen. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund zu sehen, dass einerseits durch die Umstellung auf Bachelor- und Masterabschlüsse Zwischentests, wie sie lange Jahre zum Beispiel in der Baustofflehre praktiziert wurden, wegen der Begrenzung der Anzahl verbindlicher Prüfungen nicht mehr zulässig sind, aber andererseits die Zahl der verbindlichen Prüfungsereignisse deutlich zugenommen hat. Damit entstehen vermehrt verbindliche Prüfungen, bei denen der Lehrende im Regelfall nicht weiß, was seine Studenten können. Nach absolvierter Prüfung besteht dann keine Möglichkeit mehr, Einfluss durch eine Anpassung der Lehre bzw. der Lehrmethode zu nehmen. Bildlich gesprochen ist das Kind dann bereits in den Brunnen gefallen. Für den nächsten Durchlauf der Vorlesung könnte der Lehrende nun die Lehrmethode ändern, was trotzdem keine Garantie dafür ist, dass nicht auch das nächste Kind in den Brunnen fällt. Deshalb sind die mit Hilfe der Lernkontrollen erzielten Informationen ein unverzichtbares Werkzeug für die Entwicklung und Revision einer Lehrmethode und für die zukünftige Lernzielbestimmung. Die modellkonformen Lernkontrollen sind durch die kontinuierliche Beobachtung und Messung des Lernfortschritts ein notwendiger Bestandteil einer optimalen Gestaltung der Lehre. Zwischen der Wissensvermittlung und der Wissenskontrolle entsteht ein enger Regelkreis. Der Lehrende hat sonst fast keine Möglichkeit festzustellen, ob die jeweiligen Lernziele mit Hilfe der Vorlesung oder Übung auch erreicht wurden, höchstens durch eine zeitaufwändige Einzelbefragung, die in einem Massenstudiengang quasi unmöglich ist.

Ein positiver Nebeneffekt für den Lehrenden ist die wahrscheinliche Reduzierung der Anzahl der Prüfungswiederholungen, die einen nicht unerheblichen Zusatzaufwand darstellen. Durch das erneute Prüfen verringert sich unter normalen Umständen weder der Aufwand für die Erstellung noch der für die Durchführung und vor allem nicht der für die Auswertung.

Modellkonforme Lernkontrollen ermöglichen die Planung von Stoffwiederholungen. Zwar lassen die vollen Lehrpläne Wiederholungen kaum zu, doch wenn sich herausstellen sollte, dass essentielles und für den weiteren Verlauf notwendiges Wissen bei den Lernern nicht vorhanden ist, sind diese trotzdem unabdingbar. Erfolg versprechend sind solche Maßnahmen aber nur, wenn auch die Lehrmethode angepasst wird, d.h. eine Wiederholung in Form einer Dublette ist nahezu wirkungslos.

Der Erfolg einer Lehrmethode hängt unter anderem von den Eigenschaften der Lerngruppe ab, so dass es nie eine optimale Methode für alle geben kann. Beispielsweise wird man bei Personen, die nicht gewillt sind, mit dem Computer zu arbeiten, mit der Methode E-Learning scheitern müssen. Zur Überprüfung der Wirksamkeit sind die Lernkontrollen ebenfalls ein gutes Werkzeug, wenn auch nicht in dem zuletzt beschriebenen Fall. Dass die Methode E-Learning besonders wirksam sein kann, belegt auch Wehling [WEHL 2008] mit seinen Untersuchungen zum WiBA-Net[®].

Für den Fall, dass eine personengebundene Aufzeichnung der individuellen Testergebnisse ermöglicht wird, sind weitere Anwendungsgebiete erschließbar. Zum einen kann eine gezielte individuelle Förderung der Lerner erfolgen, zum anderen werden Studenten mit besonders guten oder schlechten Leistungen identifiziert, wodurch die Bildung unterschiedlicher Leistungsgruppen möglich wird, für die jeweils ein gesondertes Zusatzprogramm in Form von Übungen, Praktika, Wiederholungen, E-Learning-Einheiten und auch Betreuungsgesprächen angeboten werden kann. Diese unterschiedlichen Lerngruppen werden somit auf einem optimierten Weg zum Lernziel geführt. Bessere Gruppen können ein das Lernziel ergänzendes, sinnvolles Zusatzprogramm erhalten.

Somit können die modellkonformen Lernkontrollen einen Einfluss auf alle fünf Hauptthemen der pädagogischen Psychologie nehmen. Sie helfen bei der Zielformulierung, ermöglichen die Bestimmung ausgewählter Lernereigenschaften, sind ein Element bei der Gestaltung des Lernprozesses, helfen bei der Auswahl und Wertung bestimmter Lehrmethoden und sind auch bestens zur Evaluierung der Lehre geeignet. Zu guter letzt können Lernkontrollen dadurch auch Kosten beim Lehrbetrieb einsparen.

5.2.3 Bewertung der Lernsituation

Eine Verstärkung im Sinne des Behaviorismus soll mit diesem Modell nicht erwirkt werden, braucht aber auch nicht zwanghaft verhindert werden, da dieser positive Lerneffekt sowieso mit der Zeit, d.h. mit der steigenden Anzahl durchgeführter Lernkontrollen wieder abnimmt. Durch die radikale Abkehr vom Behaviorismus wurden alle seine Elemente verteufelt, so auch die Tests. Der didaktische Mehrwert der Tests liegt aber nicht nur in Vermittlung von Wissen, sondern vor allem in der Analyse des Wissensstandes des Lernalters und den damit bereits beschriebenen Vorteilen für das Lehren und das Lernen.

Gefahren bestehen aber weiterhin durch einen unprofessionellen Einsatz, vor allem wenn die Tests in stereotyper Weise angeboten werden und beim Lerner keinen Mehrwert erkennen lassen. Dadurch sinkt die Motivation zur Durchführung von Lernkontrollen und der positive Effekt verpufft. Dieser Gefahr kann nur mit einem Höchstmaß an Variabilität und Präzision bei der didaktischen Gestaltung der Testfragen und der permanenten Hinterfragung des konkreten Nutzens in einem speziellen Anwendungsfall begegnet werden. Letztendlich sind Lernkontrollen eine Bereicherung des Studiums. Sie dürfen keineswegs zur Qual werden.

Die Tests müssen jeweils eine unmittelbare Rückkopplung nach sich ziehen. Das Akkumulieren der einzelnen Testergebnisse ist nicht vorgesehen. Lediglich Lerner, die eine persönliche

„Überwachung“ wünschen, können auch eine übersichtliche Darstellung ihrer Testergebnisse erhalten.

5.2.4 Analogie zur MSR-Technik

In der Mess-, Steuer- und Regeltechnik kennt man den Regelkreis. Er ist dadurch gekennzeichnet, dass bei einem laufenden Prozess in bestimmten Abständen der jeweils aktuell vorhandene Zustand ermittelt und mit dem vorgegebenen Wert verglichen wird. Es findet also in vorgegebenen Intervallen ein Soll-Istwert-Vergleich statt. Dieser ist nur möglich, wenn die Zustände, die der Beobachtung unterliegen, auch messbar, d.h. quantifizierbar sind.

Dieser Gedanke des Regelkreises liegt auch dem Modell der curricularen Einbindung der Lernkontrollen zu Grunde. Daher lohnt sich eine kurze grundsätzliche Betrachtung der Komponenten solcher Regelkreise, die in Abbildung 5-1 dargestellt sind.

Auch die Definition des Messens aus der Messtechnik lässt sich auf das Modell übertragen:

Messen bedeutet dabei die Ermittlung eines Wertes durch quantitativen Vergleich der Messgröße mit einer Einheit. Messen ist nicht Prüfen, denn es wird nicht die Beurteilung auf Einhaltung geforderter Maße und Gestalt Wert verlangt [DIN 1319].

Diese Analogie verdeutlicht noch einmal, dass die Tests nur zum Messen der Lernleistung dienen sollen und im Regelfall keine verbindliche Prüfungsleistung darstellen.

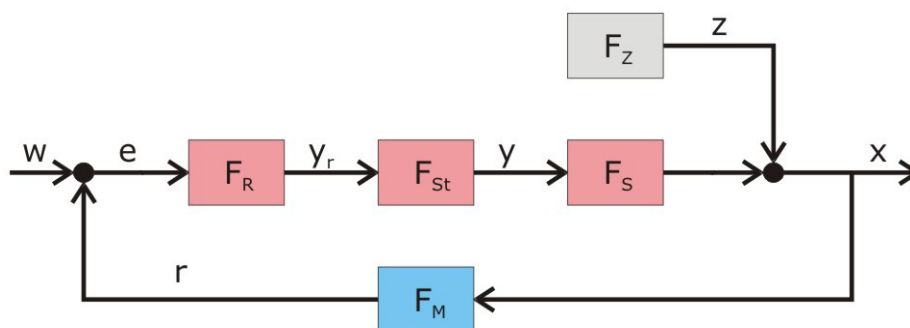


Abbildung 5-1 MSR – Regelkreis

In der Abbildung 5-1 bedeuten:

F_R = Regelglied / Regler

F_{St} = Stellglied

F_S = Regelstrecke

F_Z = Störgrößenübertragungsglied

F_M = Messglied

und:

- w: Führungsgröße
- e: Regelfehler / Regeldifferenz
- y_r: Hilfsstellgröße / Reglerausgangsgröße
- y: Stellwert / Stellgröße
- z: Störgröße
- x: Ausgangs- / Regelgröße
- r: Rückführgröße

Zu einem Lehrmodell können folgende Vergleiche gezogen werden:

Die Führungsgröße w symbolisiert den Sollwert, d.h. den erwarteten Wissensstand und damit das Lernziel. Der Regelfehler e ist quasi die Differenz zwischen dem aktuellem und dem erwarteten Wissensstand. Beide Größen können mit Hilfe vom Regelglied (Einfluss des Lehrenden), vom Stellglied (Einfluss der Lehrmethode) und von der Regelstrecke (Einfluss von Zusatzmaßnahmen wie z.B. E-Learning-Lehrpfade) angeglichen werden. Daneben gibt es eine Reihe von Störgrößen, zum Beispiel nicht-kognitive Faktoren, die den Regelkreis bzw. die Lehre beeinflussen. Das Messglied (Lernkontrolle) misst den aktuellen Status und liefert die Differenz (r) zwischen Soll- und Ist-Wert zurück an den Ausgangspunkt des Systems. Die Regelgröße x ist der Ist-Wert im System, analog dem Wissensstand am Ende einer Lehreinheit.

Wenn der Istwert gleich dem Sollwert ist, dann bedeutet das, dass die jeweilige Gruppe das Lernziel erreicht hat und die Messung (Lernkontrolle) als Rückführgröße r den Wert 0 ermittelt (Idealzustand).

Trotz der relativ guten Vergleichbarkeit des MSR-Regelkreises mit einem Lehrmodell, sind für die Darstellung des hier vorgeschlagenen Modells eine Reihe von Änderungen bzw. Anpassungen an die Gegebenheiten der Bauingenieurausbildung vorzunehmen.

5.3 Modell-Darstellung

5.3.1 Allgemeines

Das Modell stellt eine Lernumgebung dar, die aus Vermittlungsphasen und freien Phasen besteht. Die Vermittlungsphase ist zum Beispiel die Vorlesungszeit, die freie Phase die vorlesungsfreie Zeit.

Das Modell schließt einen Vortest, mehrere Midtests, einen Posttest und eine abschließende Prüfung für ein unbestimmtes Lehrfach ein, wobei es nicht zwingend erforderlich, dass im Rahmen einer Lehrveranstaltung alle diese Elemente umgesetzt werden. Die Vermittlungseinheit ist zum Beispiel eine Vorlesungsdoppelstunde, nach der eine Ruhezeit, die

entsprechende Lernkontrolle und eine Aktionszeit folgen. Zusammen werden diese 4 Elemente als Vermittlungszyklus bezeichnet, wie Abbildung 5-2 zeigt.

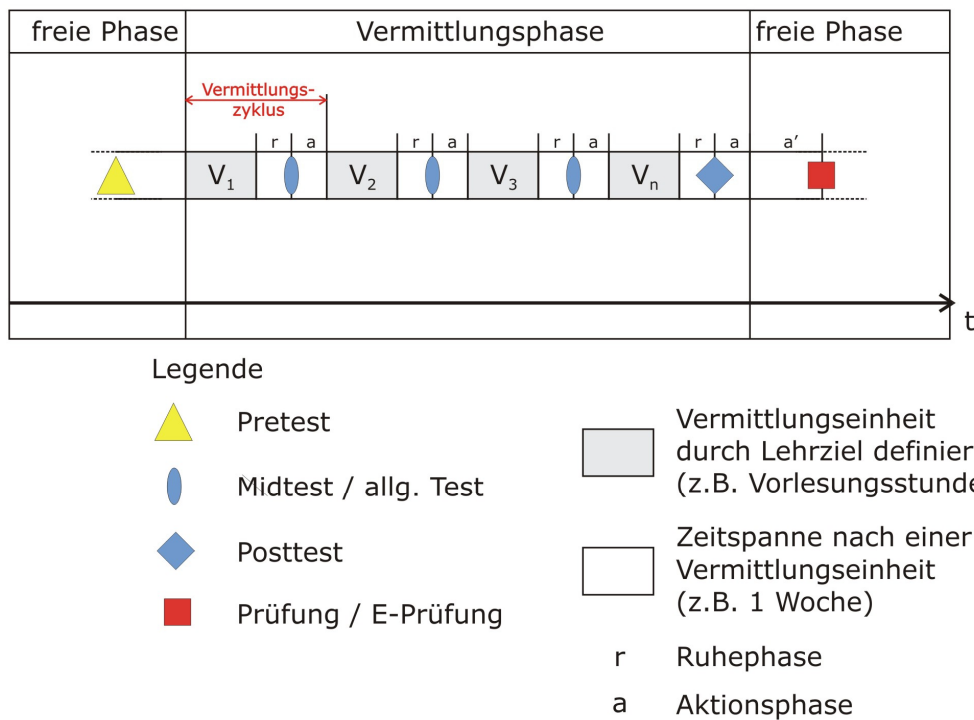


Abbildung 5-2 Modell – Lernumgebung

In einen einzelnen Vermittlungszyklus lassen sich die entscheidenden Modellparameter darstellen. Ein Vermittlungszyklus hat in der Regel eine Dauer von einer Woche. Besonders wichtig ist dabei, dass die aufeinander folgenden Zyklen kontinuierlich, d.h. ohne Unterbrechung ablaufen, bis sie in der Regel mit einer verbindlichen Prüfung abgeschlossen werden. Die Modellparameter im Vermittlungszyklus sind in Abbildung 5-3 dargestellt.

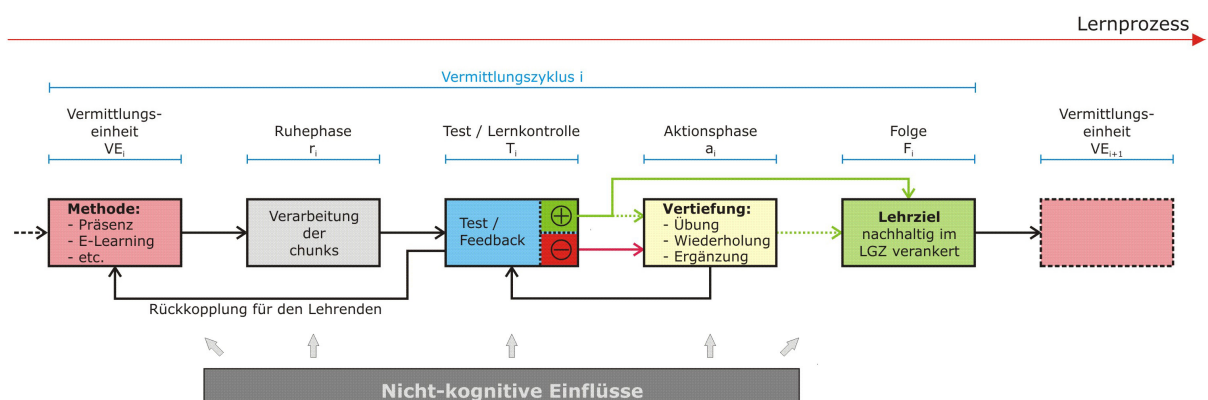


Abbildung 5-3 Modell – Vermittlungszyklus

5.3.2 Vermittlungseinheit

Die Vermittlungseinheit ist der Auftakt des Lernprozesses und ist im Regelfall eine Vorlesungsdoppelstunde zu einer über ein oder mehrere Semester lang stattfindenden Lehrveranstaltung (z.B. Werkstoffe im Bauwesen).

Alternativ kann eine Vermittlungseinheit auch in Form von E-Learning oder Blended Learning dem Lerner angeboten werden. Entscheidend ist dabei, dass sie durch ein Lernziel eindeutig definiert ist. Sowohl die Lehrmethode als auch das Lernziel können, im Sinne der Lernsteuerung (Rückkopplungseffekt), durch die Auswertung des Tests über die Inhalte der vorangegangenen Vermittlungseinheit beeinflusst werden.

Durch die Kapazitätsbegrenzung der Speicherfähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses können nicht alle vermittelten Informationsbausteine behalten und sofort ins Langzeitgedächtnis transportiert werden. Unser Gehirn wählt deshalb wenige lohnenswerte Informationen aus, die vorläufig ins Langzeitgedächtnis befördert werden, dort aber zunächst noch wenig gefestigt sind, so dass sie sehr leicht auch wieder vergessen werden können. Damit dies nicht geschieht, sind weitere Phasen im Lernprozess erforderlich.

5.3.3 Ruhephase

In der Ruhephase herrscht, wie der Name schon vermuten lässt, Ruhe bezüglich der Informationsaufnahme. Damit ist die Zeitspanne gemeint, in der keine neuen zugehörigen Informationen von außen hinzukommen. Die Ruhe wird zur Reflexion und Konsolidierung der Informationen genutzt. Dazu werden sowohl bewusst (explizites Gedächtnis) als auch unbewusst (implizites Gedächtnis) wahrgenommene Inhalte verarbeitet und Verbindungen zu den so genannten kognitiven Repräsentationen, den Anknüpfungspunkten im bestehenden neuronalen Netz, hergestellt.

Für diesen Prozess benötigt unser Gehirn Zeit. Wie bereits in Abschnitt 3.1.4 ausgeführt, kann unser Gehirn maximal 10 komplexe Information am Tag aufnehmen, die frühestens nach ca. 48 Stunden dauerhaft im Langzeitgedächtnis eingebunden werden können.

Besonders wichtig für die Verfestigung im Langzeitgedächtnis ist Schlaf. Bereits ein kurzes Nickerchen zwischen zwei Vorlesungsstunden ist hilfreich, längere Schlafphasen sind notwendig, damit das Gehirn in Ruhe neue Verknüpfungen finden kann, wie bereits in Abschnitt 3.3.3 näher erläutert wurde.

Auf Grund dieser Erkenntnisse hat es wenig Sinn, wenn man Lernkontrollen unmittelbar im Anschluss an eine Vermittlungseinheit anbietet. Da die Inhalte noch nicht tief greifend in unserem Gehirn verankert sein können, würden solche Lernkontrollen nur den Grad der Reproduktionsfähigkeit messen. Dass dadurch auch ein Beitrag zur Verfestigung des Gelernten geleistet werden kann, soll keineswegs verschwiegen werden, allerdings ist dieser umso höher, je mehr Zeit das Gehirn für die Verarbeitung – in der Ruhephase – zur Verfügung bekommt. Allein schon durch die bewusste oder unterbewusste Beschäftigung mit den neuen Informationen, können die entscheidenden neuronalen Verbindungen geschaffen werden, woraufhin es

„Klick“ macht und eine neue Erkenntnis wie von selbst entsteht (Lernen durch Einsicht). Zu viel Zeit darf aber auch nicht vergehen, da sonst das Vergessen schlagartig eintritt.

Nicht selten findet unmittelbar nach einer Vorlesungsstunde bereits die zugehörige Übung statt. Bei diesem Vorgehen bekommt unser Gehirn kaum die Möglichkeit zur Verfestigung des vorab Gelernten. Trotzdem ist die Übung als kompetenzvertiefende Maßnahme von großer Bedeutung, wie in den folgenden Abschnitten noch gezeigt wird. Eine frühzeitig angesetzte Übung ist wesentlich besser als keine Übung. Im Sinne des Modells folgt auf die Ruhephase zunächst der Test bzw. die Lernkontrolle, die als eine Art einleitende Maßnahme für die Aktionen zur Verfestigung im Langzeitgedächtnis fungiert.

5.3.4 Test

Der Test bzw. die Lernkontrolle ist das zentrale Element des Modells und zugleich das Messinstrument, welches als Grundlage zur Steuerung des Lernprozesses fungiert. Alle sonstigen Modellparameter werden quasi täglich in der universitären Ausbildung eingesetzt, so dass das Modell nur noch hilfreiche Tipps zur Optimierung geben kann. Dagegen werden Lernkontrollen nur verhältnismäßig selten eingesetzt und schon gar nicht kontinuierlich. Durch das primäre Ziel der Selbsteinschätzung avancieren die Lernkontrollen zum Startpunkt und zum Weichensteller für die Aktionsphase und damit für den wichtigsten Teil des Lernprozesses.

Die Bearbeitung des Tests stellt ebenfalls eine kompetenzvertiefende Maßnahme dar, da Inhalte aus der Vermittlungseinheit reflektiert werden müssen, wodurch eine aktive Beschäftigung mit dem Lernstoff stattfindet.

Mit Hilfe der Analyse des Tests können die weiteren Schritte eingeleitet werden. Abhängig vom individuellen Testergebnis sind vielfältige Maßnahmen möglich.

Bei einer sehr guten Bewertung kann man davon ausgehen, dass das Lernziel bereits erreicht wurde und sonstige Maßnahmen nicht mehr notwendig, aber auch nicht schädlich sind. Diese können Wiederholungen, diverse Zusatzangebote, Übungen, Praktika etc. sein und werden insbesondere dann erforderlich, wenn das individuelle Testergebnis auf einen noch zu geringen Lernerfolg schließen lässt. Da mit Hilfe der Tests auch zwischen den individuellen Leistungen der Lerner differenziert werden kann, eröffnet sich die Möglichkeit, dass nicht nur das erzielte Gesamtergebnis, sondern auch die einzelnen gegebenen Antworten für die Empfehlungen für die Aktionsphase berücksichtigt werden. Es macht eben einen Unterschied, ob ein Lerner nur einen bestimmten Begriff nicht kennt oder ob ein grundlegendes Verfahren nicht verstanden wurde.

Die steuernde Größe dabei ist das Feedback, das anhand des Ergebnisses den Lerner loben oder tadeln und die Anleitung für das empfohlene weitere Vorgehen beinhalten sollte. Des Weiteren muss zu jeder Frage auch ein Lösungsvorschlag angegeben werden, damit keine Verunsicherung beim Lerner entsteht.

Beispiel: Sie haben in diesem Test 90 % der möglichen Punkte erreicht. Gut gemacht. Da sie die Frage „Bestimmung des Ausbreitmaßes“ nicht richtig beantworten konnten, wird empfohlen, dass sie sich das Verfahren mit Hilfe des Lehrpfades Konsistenzbestimmung noch einmal betrachten.

Die Anzeige der erzielten Punkte ist wichtig, um dem Lerner eine einfach verständliche Bewertung zu liefern, mit der er seinen Leistungsstand, sowohl vergleichend als auch absolut, selbst bewerten kann. Das gängige System ist dabei, dass man die Anzahl der möglichen Punkte ins Verhältnis zur geschätzten Bearbeitungszeit bringt. Deshalb gilt auch in diesem Modell der Grundsatz:

1 Minute Bearbeitungszeit → 1 Punkt

Die Schwierigkeit einer Frage wird über die Bearbeitungszeit berücksichtigt.

Das Testsystem kann eine vergleichende Ergebnisdarstellung nur bei Tests anbieten, die nicht anonym absolviert wurden. Da dieses Ergebnis erst vorliegt, wenn alle oder zumindest viele Probanden den Test bearbeitet haben, kann auch dann erst die Rückmeldung erfolgen. Da die überwiegende Mehrheit der Testungen aber anonym abläuft, kann keine persönliche Zuordnung mehr erfolgen. Allerdings kann das Gesamtergebnis des Tests, zum Beispiel in Form einer Verteilungskurve der von den Probanden erzielten Punkte, entweder über das System oder in der anschließenden Vorlesungsstunde dargeboten werden.

Ein weiterer Vorteil der Lernkontrollen liegt in der Eliminierung der Prüfungsangst, die den gesamten Lernprozess negativ beeinflusst. Durch die absolute und vergleichende Selbsteinschätzung kann das Angstniveau stark reduziert werden, wodurch eine optimale Produktivität bei den Lernern erreicht wird.

Mit dem Modell ist auch das Erhalten von Informationen über die Vorlieben und Einstellungen der Lerner möglich. Dazu sind nicht-kognitive Fragen mit in die Lernkontrollen einzubauen, wie bereits in Abschnitt 3.3.6 anhand des PISA-Tests 2006 dargestellt wurde. Aus den Antworten kann eine Art Verhaltensprofil der Lerngruppe erstellt werden, das im Rahmen der Lernsteuerung zu berücksichtigen ist.

Damit ein Test zu einer Bewertung der Lernsituation beitragen kann, muss er gut sein, d.h. reliabel, objektiv und valide. Diese Aspekte werden in Abschnitt 3.2.3 theoretisch und in Abschnitt 5.8 ausführlich an ausgewählten Beispielen behandelt.

5.3.5 Aktionsphase

Ein besonders wichtiger Teil des Modells ist die Aktionsphase. In ihr findet die eigentliche Verfestigung des Gelernten statt, damit es dauerhaft im Langzeitgedächtnis gespeichert wird. Die Phase sollte unmittelbar nach der Lernkontrolle beginnen, denn durch das Aufzeigen des Leistungsstandes und der Mängel entwickelt sich kurzfristig eine sehr starke Lernmotivation.

Im Bauingenieurstudium sind dafür üblicherweise Praktika und Übungen in Form von Vorrechenübungen, Hausübungen oder Seminararbeiten durchzuführen. Die Übungen können

sowohl in Präsenz als auch in Form von E-Learning angeboten werden. Die einfachste Form ist die Wiederholung des Stoffes. Dabei muss berücksichtigt werden, dass stilles, permanentes Memorieren wenig für die Steigerung des Lernerfolgs bringt. Diese ist dafür umso wahrscheinlicher, je mehr sich der Lerner aktiv mit dem Lernstoff beschäftigt, indem er zum Beispiel konkrete Praxisaufgaben bearbeitet oder Versuche selbständig durchführt.

Eine Wiederholung ist sinnvoll, wenn entweder der Lernstoff auf eine andere Art und Weise dargestellt wird, zum Beispiel durch eine zusätzliche Illustration oder eine andere Lehrmethode genutzt wird, wie zum Beispiel E-Learning. An der TU Darmstadt werden Wiederholungen teilweise in Form von Vorlesungsaufzeichnungen dargeboten. Über die Lernplattform der TU Darmstadt können einzelne Vorlesungsstunden nachträglich als Video am heimischen Rechner betrachtet werden. Neben Bild und Ton werden die zugehörigen Folien sowie die Ergänzungen und Markierungen auf den Folien synchron dargestellt. Dies ist ein Instrument, das sowohl bei verpassten Vorlesungen als auch im Sinne der Fernlehre wertvolle Dienste leisten kann.

WiBA-Net[®]-Lehrpfade eignen sich hervorragend als Wiederholungselement für den Lernstoff einer Präsenzveranstaltung. Einerseits löst bereits die Änderung der Methode eine positive Wirkung aus, andererseits sind die Lehrpfade so strukturiert, dass ein Sachverhalt auf verschiedenen Vermittlungswegen und damit vielfältig dargeboten wird, zum Beispiel als Textbaustein, Bild, Animation und Video und sie somit der Diversität der Lerner gerecht werden.

Nach der Aktionsphase sollte die Lernkontrolle unbedingt wiederholt werden, damit eine Sicherheit über das Erreichen des Lernziels entstehen kann. Gegebenenfalls sind weitere Aktionen erforderlich, die dann auch vom Lehrenden angeregt werden sollten.

In der Aktionsphase nutzt unser Gehirn das aus der Vermittlungseinheit erhaltene Wissen und schafft durch die aktive Beschäftigung Verfestigungen und neue Erkenntnisse, die schließlich mit Hilfe des Hippocampus entweder zur Bildung eines neuen neuronalen Subnetzes oder zur Anbindung an eine bestehende Netzstruktur genutzt werden. Auf diese Weise entsteht eine dauerhafte Speicherung, die nur dann wieder verloren gehen kann, wenn die Informationen über lange Zeiträume hinweg nicht mehr genutzt werden. Da unser Gehirn immer dann besonders gut lernt, wenn einerseits durch die neuen Informationen ein Nutzen vermutet wird und andererseits diese Informationen nicht vorhersagbar waren und dadurch den Lerner überrascht haben, sollte die Aktionsphase so spannend wie möglich gestaltet werden, sowohl inhaltlich als auch didaktisch.

Bei konsequenter Umsetzung der einzelnen Modellphasen entsteht ein effizientes Lehr- und Lernszenario, das dazu führt, dass motivierte Lerner stressfrei zum erforderlichen Lernziel gelangen. In Abbildung 5-4 sind alle wichtigen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Phasen sowie die Einbindung der Rollen des Lehrenden und des Lerner ganzheitlich dargestellt. Die roten Pfeile symbolisieren ein aktives individuelles Handeln, die grünen eine automatische Rückmeldung des Systems oder die Aufnahme von Informationen.

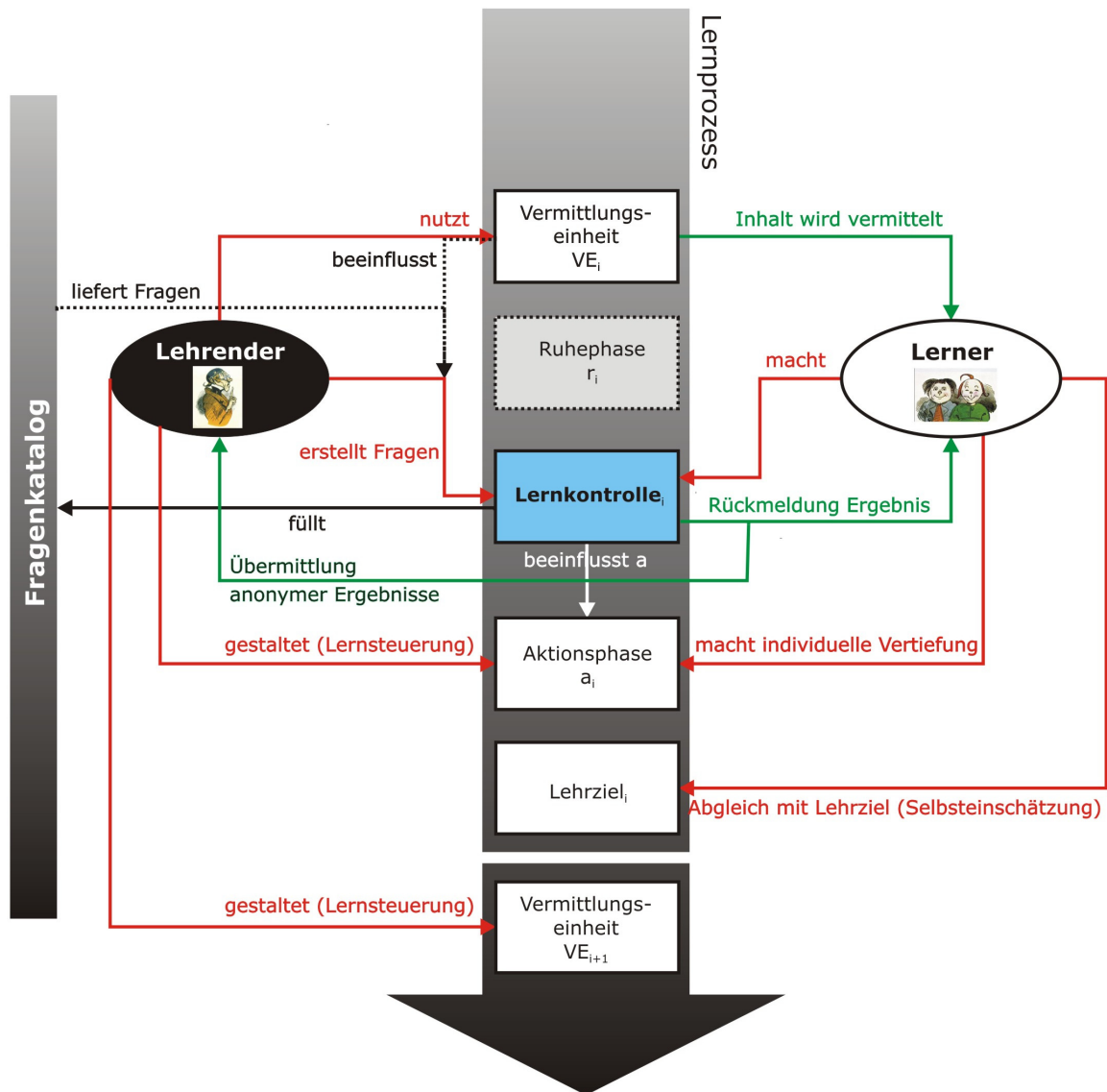


Abbildung 5-4 Modell - Beziehungen zwischen den Modellphasen unter Berücksichtigung der Rollen von Lehrenden und Lernern

5.4 Modellanwendungen

5.4.1 Einführung

Das vorgestellte Modell ist ein theoretisches Konstrukt für die Einbindung von Lernkontrollen in den Lernprozess. Die praktische Anwendung des Modells erfolgt in unterschiedlichen Bereichen, die als Modellanwendungen bezeichnet werden und in Abbildung 5-5 dargestellt sind.

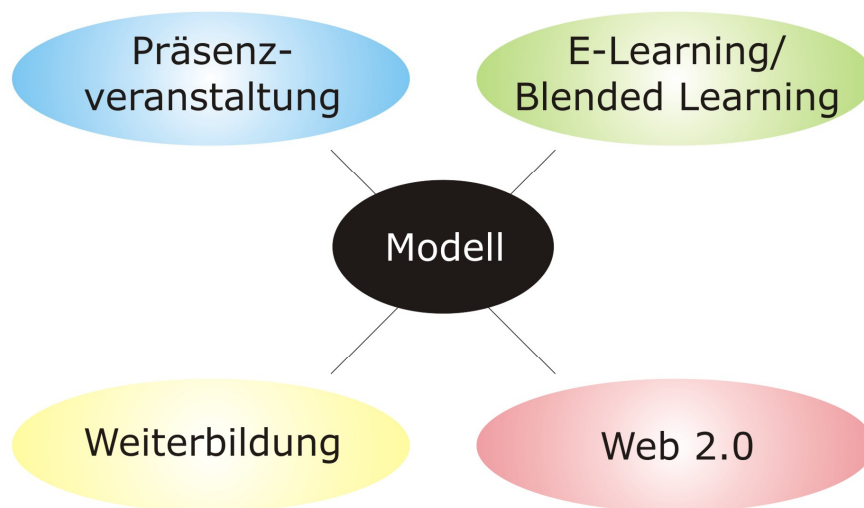


Abbildung 5-5 Modellanwendungen

5.4.2 Präsenzveranstaltung

In einer gut gestalteten Vorlesung kommen Merkmale zur Geltung, die schon Aristoteles als Charakteristika des Redners hervorhob.

Das Ethos des Redners ist eine Haltung, durch die er Glaubwürdigkeit bei den Zuhörern erreichen will. Entscheidend dafür sind sein individueller, selbstsicherer Auftritt und seine sprachliche Gewandtheit. Der Redner sollte sowohl Freude und Begeisterung als auch Betroffenheit und Mitgefühl bei den Zuhörern auslösen können; man spricht in diesem Zusammenhang vom Pathos des Vortragenden. Auch ein gezielter Einsatz digitaler Medien kann dazu beitragen. Schließlich braucht ein Lehrender auch Logos, die Kraft des Geistes; d.h. er muss durch Scharfsinn und präzise Darstellungen mit Beispielen und Analogien überzeugen.

Im Bauingenieurstudium werden insbesondere komplexe Ingenieurthemen vermittelt, die in der Vorlesung nur vorgestellt werden können. Der wesentliche Lernprozess liegt aber in der vertiefenden, ausführlichen und aktiven Beschäftigung mit diesen Tätigkeiten, d.h. Übungen sind unerlässlich.

In einer guten Vorlesung werden zwischendurch immer wieder Fragen gestellt, entweder in allgemeiner Form: „Haben Sie dazu noch Fragen?“, oder konkreter „Können Sie mir jetzt erklären, warum Beton beim Erhärten warm wird?“. Aus der Reaktion im Publikum erhält der Vortragende bereits eine vage Vorstellung über den Wissensstand bei den Studierenden.

Ein Problem dabei ist, dass sich sehr gute Studenten durch solche Fragen unter- und sehr schlechte überfordert fühlen und deshalb beide keine Reaktion zeigen. Die Studierenden, die sich ruhig und zurückhaltend in der Vorlesung verhalten, werden auch durch solche Fragen nicht aktiviert und tragen damit nicht zur besseren Einschätzung des Wissensstandes bei. Dem Lehrenden muss auch bewusst sein, dass eine richtige Antwort vortäuschen kann, dass das ganze Auditorium den gleichen Wissensstand wie der Antwortende hat.

Die Anwendung des Modells bietet hierbei eine Lösungsmöglichkeit, denn die Lernkontrollen werden von allen Lernern, guten wie schlechten, verwendet. Langeweile entsteht dabei nicht, weil die Lerner das Bearbeitungstempo der Lernkontrollen individuell steuern können. Die Testfragen müssen stets so gestaltet sein, dass sich die schlechten Lerner nicht überfordert und die guten nicht unterfordert fühlen, so dass neben mittelschweren Fragen auch einige sehr leichte und sehr schwere in die Lernkontrollen eingebaut werden müssen.

Die entscheidende Frage zu einer Vorlesung ist: Haben Sie den Inhalt der Vorlesung verstanden? Wären alle Studierenden in der Lage, die Frage mit einem „Ja“ zu beantworten und wären sie sich dabei auch sicher, dann könnte man auf eine differenziertere Betrachtung des Wissensstandes verzichten.

5.4.3 E-Learning / Blended Learning

E-Learning und Blended Learning müssen hinsichtlich mehrerer Gesichtspunkte betrachtet werden.

Die Aktionsphase bietet dem Lerner die Chance seinen Wissensrückstand gegenüber dem Lernziel aufzuholen. Dazu kann er unter anderem auf E-Learning-Kurse zurückgreifen und somit eine zusätzliche Vermittlungsmethode aktiv nutzen.

Gute E-Learning-Vermittlungseinheiten sind bereits mit einer Lernkontrolle verknüpft. Da diese meist unmittelbar nach der Vermittlungseinheit durchgeführt werden, entfällt die Ruhephase. Eine Reflexion des Gelernten findet damit zunächst nicht statt und der Test überprüft damit häufig nur das Erinnerungsvermögen des Lerners. Dieser Sachverhalt sollte den Lernern vermittelt werden, damit diese die Option haben, die Lernkontrollen im Sinne eines optimierten Lernprozesses erst nach der Ruhephase zu bearbeiten.

Im WiBA-Net[®] sind außerdem Lernkontrollen implementiert worden, die das Wissen von mehreren zusammenhängenden Lehreinheiten kontrollieren sowie Lernkontrollen, die eine Zufallsauswahl von Fragen zu einem Thema, z.B. Holz, beinhalten (Querschnittstests). Bei diesen beiden Formen ist stets eine ausreichend lange Ruhephase gewährleistet, da für die Vermittlung des zugehörigen Lernstoffs in der Regel mehrere Wochen vorgesehen sind. Die Querschnittstests sind sehr beliebt und dies, obwohl das Ergebnis durch die zufällige Auswahl von Fragen, vom Lerner nur sehr schwer zu werten ist.

In E-Learning-Szenarien sollte für den Lerner die Möglichkeit bestehen, dass er seinen individuellen Bearbeitungsstand angezeigt bekommt, der die Ergebnisse aller im entsprechenden Lehrfach vorgesehenen Lernkontrollen berücksichtigt. Viele Studenten wollen allerdings nicht, dass personengebundene Daten gespeichert werden, da sie Angst haben, dass der Dozent Zugriff auf ihre Daten erhält und dann ein nicht ernsthaft gemachter Test zu einer möglicherweise negativen Beurteilung führt. Freilich ist jedem Studierenden bekannt, dass zumindest der Administrator des Systems Zugriff auf alle Daten hat. Dieser Umstand bedeutet im Übrigen auch, dass die überwiegende Mehrheit der E-Learning-Systeme datenschutzrechtlich sehr bedenklich ist.

Zur Erhöhung der Akzeptanz von E-Learning-Systemen muss die Möglichkeit bestehen, dass die Studierenden ein Monitoring ihrer individuellen Leistungen ablehnen können.

Für den Lehrenden bedeutet die Nutzung von E-Learning-Kursen, dass kaum Möglichkeiten für eine aktive Rückkopplung bestehen. Zwar kann man mit Hilfe der Lernkontrollen Mängel identifizieren, jedoch ist deren Behebung nicht einfach, denn die folgenden Vermittlungseinheiten sind in aller Regel bereits erstellt und könnten nur mit verhältnismäßig großem Aufwand optimiert werden. Was bleibt, ist die Möglichkeit vertiefende Maßnahmen zu empfehlen, die entweder der Lehrende oder das System vorgeschlagen können. Wenn diese Rolle der Computer übernimmt, spricht man von adaptiven Lernkontrollen.

Beim Blended Learning sind zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall wechseln sich vollständige Präsenz- und E-Learning-Einheiten ab. Dies kann entweder im steten Wechsel, wie zum Beispiel im wöchentlichen Rhythmus, erfolgen, oder zu Beginn des Semesters werden zunächst die E-Learning-Lehrpfade und anschließend die Präsenzteile genutzt, die dann zum Beispiel auch zur Vertiefung der zuvor gehörten Inhalte herangezogen werden können. Andere Aufteilungen sind ebenfalls denkbar. Im zweiten Fall findet die Kombination von Präsenz und E-Learning-Einheiten innerhalb einer Vermittlungseinheit statt. Bei den Lernkontrollen muss beim ersten Fall nichts Besonderes beachtet werden, aber beim zweiten Fall ist wichtig, dass die Inhalte beider Lehrmethoden für die modellkonformen Lernkontrollen zu berücksichtigen sind. In der Regel müssen die zu den E-Learning-Einheiten bereits vorhandenen Tests um die Fragen zur Vorlesungsstunde ergänzt werden. Beim ersten Fall erhält der Lehrende zusätzlich eine vergleichende Rückkopplung zu den beiden unterschiedlichen Lehrmethoden. In beiden Fällen sollte den Lernern empfohlen werden, dass sie die Lernkontrolle nicht gleich nach dem Bearbeiten des Lehrpfades absolvieren, damit sie die Ruhephase nutzen.

In E-Learning- und Blended-Learning-Szenarien ist die Bereitschaft für die Durchführung der modellkonformen Lernkontrollen besonders hoch, da die Lerner von Beginn an intensiv mit dem computergestützten Lernsystem arbeiten. Im WiBA-Net[®] konnten von Jahr zu Jahr (2001 bis 2006) mehr Studenten zu Bearbeitung von Lehrpfaden motiviert werden. Diese Entwicklung ging mit der zunehmenden Anzahl an vorhandenen Lehrpfaden einher. Es zeigte sich, dass die Bereitschaft zur Nutzung von Zusatzangeboten, wie Querschnittstests oder empfohlene Tests zur Prüfungsvorbereitung, ebenfalls zunahm. Daraus lässt sich ersehen, dass auch die allgemeine Nutzung von E-Learning wichtig für die Akzeptanz und Nutzung der modellkonformen Lernkontrollen ist.

5.4.4 Weiterbildung

Teilnehmer von kostenpflichtigen Weiterbildungsveranstaltungen sind deutlich stärker motiviert als durchschnittliche Studenten. Für die Weiterbildung lassen sie ihre reguläre Arbeit ruhen und erwirtschaften in dieser Zeit somit nichts. Von der kostenpflichtigen Weiterbildungsmaßnahme versprechen sie sich, dass sie erstens den Inhalt verstehen und zweitens diesen für ihre Arbeit unmittelbar verwenden und folglich damit Geld verdienen können.

Weiterhin stellen Weiterbildungs-Teilnehmer andere Ansprüche an das Lernziel. Im universitären Umfeld werden zwar alle für eine bestimmte Aufgabe notwendigen Prozesse vermittelt, jedoch wird vom Studenten anschließend verlangt, dass er den konkreten Lösungsweg selbst findet (heuristische Methode). In der Weiterbildung wollen die Teilnehmer aber lieber den fertigen Lösungsalgorithmus präsentiert bekommen, denn sie wollen die Inhalte schließlich sofort anwenden können.

Diese Unterschiede führen dazu, dass Inhalte, die für die Ausbildung entwickelt wurden, nur nach einer entsprechenden Anpassung auch in der Weiterbildung verwendet werden können. In der Weiterbildung können die beiden Methoden E-Learning und Präsenzveranstaltungen jede für sich und auch kombiniert zur Anwendung kommen.

Der anfängliche Wissensunterschied zwischen den einzelnen Lernern ist bei Weiterbildungsveranstaltungen häufig sehr groß. Dies spielt bei reinen E-Learning Weiterbildungsveranstaltungen keine große Rolle, denn Teilnehmer, die bereits einen hohen Wissenstand zu dem Weiterbildungsthema haben, wenn sie zum Beispiel die Grundlagen eines Themas schon beherrschen, können über den einen oder anderen Lehrpfad schneller hinweg gehen und sich gegebenenfalls mit Hilfe der Lernkontrollen ihr vorhandenes Wissen bestätigen lassen. Beim tutoriell betreuten E-Learning in Gruppen und beim Blended Learning kann der Wissensunterschied dagegen ein großes Problem darstellen.

In den Vermittlungseinheiten, in denen gemeinsam gelernt wird, z.B. in den Präsenzphasen des Blended Learning, führt der Unterschied zu teilweise gelangweilten und teilweise überforderten Teilnehmern, die häufig aus unterschiedlichen Bereichen kommen, so zum Beispiel beim Weiterbildungslehrgang Fachplaner Energieeffizienz IngKH (Ingenieurkammer Hessen), der in Form von Blended Learning angeboten wird und der sowohl von Bauingenieuren als auch von Architekten und Anlagenbauern belegt wird. Für den Weiterbildungsleiter wäre es von Vorteil, wenn zumindest die Kenntnis über die Unterschiede bekannt wäre, denn nur dann kann eine Angleichung der einzelnen Wissensniveaus gelingen. In diesem Zusammenhang bietet sich der Einsatz von modellkonformen Vortests an. Dann kann man den Teilnehmern mit geringen Kenntnissen zum Beispiel zusätzliche Kurse anbieten, die diese vor der nächsten Präsenzeinheit bearbeiten sollten oder man kann die Gruppen während der gemeinsamen Lehrphasen aufteilen. Letzteres birgt freilich die Gefahr, dass am Ende des Kurses die Teilnehmer nicht einmal annähernd das gleiche Wissensniveau erreichen.

Bei Weiterbildungsmaßnahmen spielt die abschließende Prüfung eine große Rolle, denn viele Weiterbildungsmaßnahmen haben eine anerkannte Qualifizierung, für die eine simple Teilnahmebestätigung dann nicht mehr ausreicht. Immer häufiger müssen die Teilnehmer eine Prüfung absolvieren, die auch als E-Prüfung durchgeführt werden kann. Die Lernkontrollen können in diesem Zusammenhang zur Prüfungsvorbereitung dienen. Diese ist den meisten Teilnehmern sehr wichtig, da die gewählte Weiterbildung bzw. die zugehörige Qualifizierung möglichst zeitnah im Berufsalltag verwendet werden soll. Beim Nicht-Bestehen der Prüfung kann man diese möglicherweise erst sehr viel später wiederholen, was auch noch mit zusätzlichen Kosten verbunden ist. Um sich möglichst optimal auf entsprechende Prüfungen

vorzubereiten, nutzen fast alle Teilnehmer die zur Verfügung stehenden Mid- und Posttests, wie die eigene Erfahrung zeigt. Im Rahmen der Weiterbildung erfreuen sich die Lernkontrollen insgesamt einer hohen Beliebtheit.

5.4.5 Web 2.0

Diese Modellanwendung basiert auf dem Web 2.0-Gedanken. Der Begriff „Web 2.0“ bezieht sich, wie bereits in Abschnitt 3.1.5 kurz aufgeführt, weniger auf spezifische Technologien oder Innovationen, sondern primär auf eine veränderte Nutzung und Wahrnehmung des Internets. Der Hauptaspekt dabei ist, dass Benutzer Inhalte in quantitativ und qualitativ entscheidendem Maße selbst erstellen und bearbeiten.

In diesem Zusammenhang bietet es sich an, dass die Lerner computergestützte Fragen auch selbst generieren. Schon Sokrates war der Meinung, dass nur der, der fragt auch Antworten erhält. Die Fragen von Sokrates waren für die damalige Zeit zu neu und zu weltoffen und haben damit den Klerus im alten Griechenland provoziert, weswegen Sokrates im Jahre 399 v. Chr. zum Tode verurteilt wurde. Dieses Schicksal blüht heute keinem Fragesteller mehr.

Durch studentische Interviews hat sich gezeigt, dass viele Lerngruppen, die sich zum Lernen auf eine Prüfung zusammenfinden, die wichtigsten Fragen aus den „alten“ Klausuraufgaben herausfiltern, diese übersichtlich darstellen und sich gegenseitig immer wieder stellen. Diese Fragen können eine Grundlage für die Modellanwendung Web 2.0 bilden.

Das heißt auch in Bezug auf eine Vermittlungseinheit, dass weder der Tutor, noch der wissenschaftliche Mitarbeiter oder der Professor die Fragen erstellt, sondern, dass diese ausschließlich von den Studierenden, gegebenenfalls auch in Gruppenarbeit, konstruiert werden.

Diese Fragen sind dann für alle an der Lehrveranstaltung beteiligten Personen zugänglich, d.h. auch für andere Studierende. Dabei muss ein großes Augenmerk auf Transparenz gelegt werden, d.h. jedem muss sofort deutlich werden, dass es sich dabei um studentische Fragen handelt. Diese können sowohl von den Studenten als auch aus Sicht der Lehrenden beurteilt werden. Letztere können die Frage bewerten, zum Beispiel mit Hilfe einer Skala von „Frage falsch formuliert“ über „schlechte Frage“, „Frage sinnvoll“ und „gute Frage“ bis hin zu „sehr gute Frage mit Prüfungsrelevanz“. Studierende können die Frage dahingehend bewerten, ob sich diese jeweilige Frage auch für sie stellt. Eine Skala könnte folgendes Aussehen haben:

„Frage stellt sich auch mir schon immer“ – „Frage stellt sich mir jetzt auch“ – „neutral“ – „Frage erscheint mir nicht so wichtig“ – „Frage ist unwichtig“

Einerseits füllen solche Fragen den für die Lehrveranstaltung aufzubauenden Fragenkatalog, andererseits zeigen sie den Lehrenden, welche vor allem unerwarteten und neuen Fragestellungen sich aus dem vermittelten Lehrstoff ergeben. Die Fragen erfüllen damit beide Hauptziele des Modells. Für den Lerner macht es hinsichtlich der Selbsteinschätzung keinen Unterschied, von wem die Fragen konstruiert wurden und für den Lehrenden ergibt sich eine

zusätzliche Möglichkeit zur Lernsteuerung, da er die Fragen in den Vermittlungseinheiten aufgreifen kann.

Diese Modellanwendung eignet sich freilich nur für Fragen zu einzelnen Vorlesungsstunden, zu einzelnen Themengebieten und für Abschlusstests, d.h. für Mid- und Posttests. Für Vor- tests können entsprechende Fragen noch gar nicht vorhanden sein.

Zu jeder Frage sollte es auch in diesem Fall einen Lösungsvorschlag geben. Dieser kann sowohl von Studierenden als auch Lehrenden generiert werden. Dem Betrachter der Frage muss auch hierbei klar sein, wer der Autor der Antwort bzw. des Lösungsvorschlags ist.

Sowohl schlechte Fragen als auch schlechte Antworten, die bei den Lernern zum ungewollten Erlernen von falschen Erkenntnissen führen könnten, müssen von Seiten der Lehrenden aus dem (computergestützten) System eliminiert werden.

Im Sinne des Web 2.0-Gedanken bietet es sich an, dass ein Wiki zu den von den Studenten erzeugten Fragen eröffnet wird. In diesem Zusammenhang können sowohl die Fragen selbst als auch die zugehörigen Lösungen rege diskutiert werden. Studentische Einträge sind vom Lehrenden oder dessen Mitarbeiter zu moderieren, damit keine grundlegend falschen Lösungsansätze vermittelt werden. Das Wiki sollte auch die „alten“ Prüfungsaufgaben und alle sonstigen Lernkontrollen einbeziehen. Im Rahmen der Betreuung von Lehrveranstaltungen ist immer wieder feststellen, dass die Studenten stets mit sehr ähnlichen Fragen zu den „alten“ Klausuraufgaben in die Sprechstunden kommen. Mit Hilfe des Wikis kann erreicht werden, dass alle Studenten, die sich auf eine bestimmte Prüfung vorbereiten, dieselben zugehörigen Informationen erhalten.

Mit der Modellanwendung Web 2.0 wird auch erreicht, dass die Erfahrungen, Anregungen und offenen Fragen der Studenten eines Jahrgangs auch für die zukünftigen Studenten zur Verfügung stehen. In der Bibliothek des Fachbereichs Psychologie der TU Darmstadt steht ein großes Regal, in dem Vorlesungsmitschriften, Kommentare und Unterlagen der Prüfungsvorbereitung stehen, die von Studenten erzeugt wurden. Nach Auskunft des Bibliothekars werden die Unterlagen von sehr vielen Studenten genutzt. Mit Web 2.0 könnte man ein vergleichbares System auch im Bauingenieurwesen einführen, dazu mit allen Vorteilen, die die computergestützte Methode mit sich bringt.

5.5 Computergestützte Methode

Für eine erfolgreiche Umsetzung des Modells werden viele Fragen benötigt. Für das WiBA-Net[®], die vorlesungsbegleitenden Lernkontrollen, die Weiterbildung und die E-Prüfungen wurden bis zum Stichtag 25.06.2008

- 1.911 Items und
- 284 Tests

erzeugt.

Insgesamt wurden

- 19.108 Testungen

von den Teilnehmern absolviert.

Die aufgeführte Anzahl der Testungen zeigt, dass eine analoge Durchführung als Papier-und-Bleistift-Tests nicht realisierbar gewesen wäre. Der Computer ist ein hervorragendes Werkzeug, das bei der Konstruktion, der Durchführung, Archivierung und vor allem bei der objektiven Auswertung gute Dienste leistet. Für den Dozenten bedeutet die Umsetzung des Modells einen zeitlichen Mehraufwand, der bei der Papier-und-Bleistift-Methode nicht zu bewältigen wäre, aber mit Hilfe der computergestützten Methode im Rahmen bleibt.

Allerdings muss an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass die computergestützte Methode keine Voraussetzung für die Anwendung des Modells ist.

5.6 Umsetzung der elektronischen Lernkontrollen

5.6.1 Einführung

Bei der Umsetzung der Lernkontrollen muss zwischen zwei Anwendungen unterschieden werden. Auf der einen Seite sind dies die E-Tests, für die der beschriebene Modellzyklus primär entwickelt wurde. Dazu zählen die Modellanwendungen Präsenzveranstaltungen, E-Learning / Blended Learning, Weiterbildung und Web 2.0.

Auf der anderen Seite sind dies die E-Prüfungen, bei denen der Fokus nicht auf der kontinuierlichen Rückkopplung liegt, sondern auf dem verbindlichen Prüfungscharakter sowie dem potentiellen Effizienzgewinn bei der Erstellung, Durchführung, Auswertung und Bewertung der Prüfungen.

5.6.2 Technik

Eine erfolgreiche Umsetzung des Modells kann nur gelingen, wenn es bei den Lernern und vor allem bei den Lehrenden ein hohes Maß an Akzeptanz erhält. Deshalb benötigt man ein Werkzeug, mit dessen Hilfe eine anwenderfreundliche und ressourcenschonende Umsetzung möglich wird. Auf den Einsatz von Computern mit entsprechender Software kann nicht verzichtet werden, wenn die Effizienz im Vordergrund steht.

Beim WiBA-Net[®] war schon zu Beginn des Projekts klar, dass ein computergestütztes Testsystem zu implementieren sei; allerdings hat man sich damit erst in einer relativ späten Projektphase beschäftigt. Dies hatte zur Folge, dass eine qualitativ hochwertige Eigenentwicklung schon aus zeitlichen Gründen nicht mehr möglich erschien, da sie zu viele personelle Ressourcen in dem Projekt verschlungen hätte. Die WiBA-Net[®]-Arbeitsgruppe Tests übernahm somit die Aufgabe, geeignete, auf dem Markt befindliche Werkzeuge hinsichtlich des potentiellen Einsatzes im WiBA-Net[®] zu sichten. Dabei waren die folgenden Anforderungskriterien maßgebend:

- Einfache Bedienbarkeit bei Fragen- und Testerstellung
- Webinterface; Zugriff auf das System (auch) über das Internet
- Berücksichtigung vieler unterschiedlicher Fragentypen
- Berücksichtigung von Standards (z.B. Metadatenstandard Scorm)
- Datenverwaltung für Fragen, Tests und Ergebnisse (Datenbank?)
- Designanforderungen; Corporate Design WiBA-Net[®] zum Beispiel über Templates
- Nachhaltigkeit; Schwerpunkt: Portierung der Daten in andere Systeme möglich?
- Kosten

Bei der Evaluation wurden mehrere Freeware Produkte und kommerzielle Testsysteme berücksichtigt. Als Ergebnis stellte sich heraus, dass auch die beste Freeware (HotPotatoes) die Kriterien nicht annähernd erfüllen konnte, so dass die Entscheidung letztendlich auf die Anschaffung der Software Perception (Version 3.4) der britischen Firma Questionmark Computing Limited fiel. Zwar entstanden dadurch einmalige Lizenzkosten in Höhe von ca. 5.000 €, jedoch konnten mit der Software quasi alle Anforderungskriterien erfüllt werden. Zudem war es die einzige kommerzielle Anwendung, bei der auf eine kostengünstige Datenbank zurückgegriffen werden konnte, was andernfalls erhebliche, zusätzliche Kosten verursacht hätte.

Weitere Vorteile sind die offene Programmstruktur, die man sonst nur bei OpenSource-Produkten findet und die damit einhergehenden einfachen Anpassung- und Verknüpfungsmöglichkeiten mit der Lernplattform, zum Beispiel der MTS-Lernplattform des WiBA-Net[®]. Zudem können alle Fragen und Tests in ein XML-Datenformat exportiert werden, so dass einem potentiellen Umstieg auf ein anderes System nichts im Wege stehen würde. Außerdem hat sich im Rahmen dieser Arbeit gezeigt, dass alle modellkonformen Lernkontrollen mit Perception umsetzbar sind.

Die Entscheidung zur Anschaffung des Produkts musste bis zum heutigen Tag nicht bereut werden. Die Software läuft seit Anfang 2003 problemlos und ununterbrochen auf einem der WiBA-Net[®]-Server. Da das Produkt ein effizientes (technisches) Arbeiten ermöglicht, konnte der Focus besser auf die didaktische und methodische Einbindung der Lernkontrollen gelegt werden.

Seit 2007 ist eine überarbeitete Version (Version 4.0) der Software verfügbar, die eine Reihe von neuen nützlichen Funktionalitäten beinhaltet, dabei aber leider den OpenSource-Charakter weitestgehend verloren hat.

5.6.3 Fragen und Tests

Wie bereits erwähnt, konnten mit dem gewählten Testsystem alle modellkonformen Tests umgesetzt werden. Für die Testfragen wurden sowohl offene als auch gebundene Antwortformate berücksichtigt.

Prinzipiell besteht eine Frage oder vielmehr ein Item aus dem Fragestamm, in dem auch die eigentliche Frage integriert ist, den Wahlmöglichkeiten und den Produkten, in denen die Auswertungskriterien und das Feedback definiert sind. Die Abbildung 5-6 stellt die Komponenten eines Items dar.

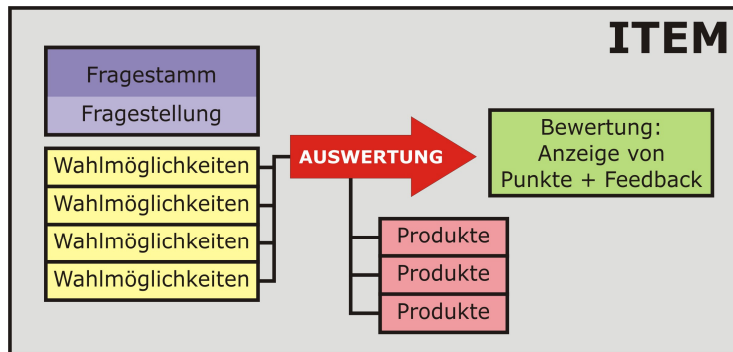


Abbildung 5-6 Komponenten eines Items

Die Produkte berücksichtigen das Antwortverhalten und steuern entsprechend die Bewertung. Bei dem Modell wird grundsätzlich zwischen den Produkten „optimal“, „eine bestimmte korrekte Wahlmöglichkeit angekreuzt“ und „nicht bearbeitet“ differenziert. Zu beachten ist, dass es auch mehrere Produkte mit der Bezeichnung „eine bestimmte korrekte Wahlmöglichkeit angekreuzt“ geben kann, abhängig von der Anzahl der korrekten Wahlmöglichkeiten. Für jedes Produkt gibt es eine Bewertung, die gegebenenfalls akkumuliert wird. Werden zum Beispiel bei einer Mehrfachantwort-Frage, bei der es drei richtige und zwei falsche Wahlmöglichkeiten gibt, nur zwei von drei richtigen Wahlmöglichkeiten angekreuzt, so wird zweimal das Produkt „eine bestimmte korrekte Wahlmöglichkeit angekreuzt“ aktiviert und die Bewertung somit aufsummiert. In diesem Fall gäbe es somit zweimal einen Punkt, also zwei Punkte. Wenn falsche Wahlmöglichkeiten angekreuzt werden, gibt es in der Regel einen Punktabzug, wobei bei einer Frage in der Summe nicht weniger als Null Punkte erzielt werden können.

Die verwendeten Fragenarten mit gebundenen Antwortformaten sind in Tabelle 5-1 dargestellt. Außerdem werden Empfehlungen für die Anwendung hinsichtlich der Taxonomieebenen gegeben. Der aus Erfahrungswerten ermittelte durchschnittliche Zeitbedarf für die technische Umsetzung der jeweiligen Fragenart ist ebenfalls in der Tabelle zu finden. Im Rahmen der Arbeit wurden auch Fragen erstellt, für deren Konstruktion ein ganzer Arbeitstag notwendig war.

Tabelle 5-1 Gebundene Antwortformate - Eigenschaften

Fragenart	Kürzel	geeignet für Taxonomieebene (nach Bloom) ²	Zeitbedarf für die technische Erstellung [min]	Anmerkung
Multiple Choice	MC	W, K	5 – 10	
Mehrfachantwort	MA	W, K, AW	10 – 15	
Lückenwahlfrage	LW	W, K, AW	10 – 15	Lückentextfrage, bei der Wahlmöglichkeiten vorgegeben sind
Zuordnung	ZO	W, K, AW, AL, S, B	10 – 15	
Rangordnung	RO	W, K, AW, AL, S	10 – 15	wie Zuordnung, allerdings kann jeder Rang nur einmal zugeordnet werden
Drag'n'Drop	DD	W, K, AW, AL, S, B	30 – 60	wie Zuordnung; mit dem Schwerpunkt einer grafischen Umsetzung

Beispiele zu den einzelnen Fragearten sind im Anhang B zu finden.

Bei den offenen Frageformen ist zunächst die Lückentextfrage (LT) zu nennen. Sie stellt die einfachste offene Form dar, weil in die Lücken zumeist Schlagworte geschrieben werden müssen, die vom computergestützten System noch relativ einfach zu bewerten sind. Eine Abwandlung davon stellt der Fragetyp Numerisch (NU) dar, bei dem ein Zahlenwert in die Lücke einzutragen ist, der entweder gewusst, geschätzt oder berechnet werden muss. Auch diese Form ist einfach zu bewerten. Anders verhält sich dies bei den Textfragen, die in der Literatur meist als Essay-Fragen bezeichnet werden. Eine computergestützte Bewertung sollte hierbei nur erfolgen, wenn das Ergebnis keine hohe Relevanz hat, also keinesfalls bei E-Prüfungen. Eine Abwandlung dieser Form stellt die Aufsatz-Frage (AU) dar. Der Unterschied zur Textfrage besteht darin, dass die Frage nicht unmittelbar bewertet wird, sondern ein „menschlicher Prüfer“ zwischengeschaltet ist, freilich mit dem Nachteil, dass das Gesamtergebnis erst nach der Prüfung der Aufsatz-Fragen und damit relativ spät bekannt gegeben werden kann. Bei den Fragen mit offenen Antwortformaten sind Inhalte auf allen Taxonomieebenen prüfbar. Der Zeitbedarf für die Erstellung ist abhängig davon, ob der Rechner die Bewertung übernehmen

² (W: Wissen; K: Kennen; AW: Anwenden; AL: Analyse; S: Synthese; B: Bewertung)

soll. Wenn ja, ist er im Durchschnitt relativ hoch (20 – 30 min), wenn nicht, dann reichen meist 10 – 15 Minuten vollkommen aus.

Damit ein Test entsteht, müssen die gewünschten Fragen zu einer Einheit verbunden werden. Bei den meisten Lernkontrollen ist die Reihenfolge der Fragen bewusst gewählt worden, zum Beispiel sollte man immer mit relativ einfachen Fragen als „Eisbrecher“ beginnen. Bei einem kleinen Teil der Lernkontrollen werden die Fragen – auf Wunsch des Autors – in zufälliger Reihenfolge angezeigt.

Die Darstellung der Fragen kann entweder in Listenform (Blocktest) oder, mit Hilfe einer zusätzlichen Navigation, schrittweise erfolgen, wie die Abbildung 5-7 verdeutlicht.

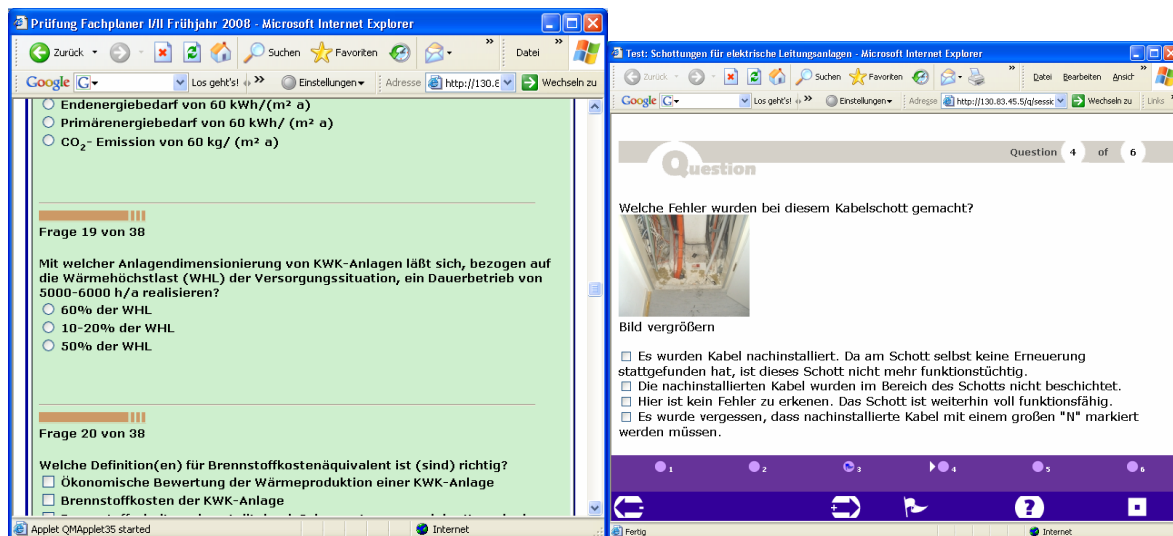


Abbildung 5-7 Darstellungvarianten einer Lernkontrolle - links: Listenform; rechts: schrittweise Form mit zusätzlicher Navigation

Der große Vorteil der Listenform ist darin zu sehen, dass alle Fragen eines Tests sofort und auf einer Seite dargestellt werden und kein Eindruck entsteht, dass etwas fehlen könne. In vielen Fällen passen nicht alle Fragen auf eine Bildschirmseite, so dass gescrollt werden muss. Darauf kann bei der schrittweisen Form verzichtet werden. Weiterhin ergeben sich auch Vorteile aus der zusätzlichen Navigation. Zum Beispiel kann man einen Marker zu einer Frage setzen, die man erst später beantworten möchte oder bei der man sich noch nicht ganz sicher ist und findet diese Frage sehr schnell wieder (siehe Abbildung 5-7, rechts: Frage 3). Bei einer schriftlichen (computergestützten) Umfrage bei den WiBA-Net[®]-Studenten im Jahre 2006 wurden die Vorlieben hinsichtlich der Darstellungsform der Lernkontrollen erfragt. Als Ergebnis kam heraus, dass beide Varianten gleich beliebt sind. Da die Pädagogen des WiBA-Net[®] die Listenform, wegen der genannten Vorteile, favorisierten, ist diese bei fast allen modellkonformen Lernkontrollen wieder zu finden.

Bei beiden Varianten besteht weiterhin die Möglichkeit, dass bestimmte Fragen nur angezeigt werden, wenn zum Beispiel die zuvor gestellte Frage richtig beantwortet wurde. Damit kann man auch adaptive Tests erstellen, bei denen die nächsten Fragen auf Grundlage der Bewertung der zuvor gestellten Fragen dargeboten werden. Bei der Modellanwendung

Weiterbildung wurde dieses Vorgehen mit Hilfe des Lehrpfads „Witterungsbereinigung“ getestet. Es zeigte sich schnell, dass die Teilnehmer nicht bereit waren den Test vollständig zu bearbeiten. Der Test erhielt einen Übungscharakter, der ungewohnt war, weshalb der Test meist schon nach der ersten falschen Antwort abgebrochen wurde. Da diese Form von den Kunden nicht angenommen wurde, gab es dazu bislang keine weiteren Versuche.

5.6.4 Arbeitsanweisung - Erstellung computergestützter Lernkontrollen

Für die Autoren des WiBA-Net[®] und alle zukünftigen Konstrukteure modellkonformer Lernkontrollen wurde eine Arbeitsanweisung erstellt, die im Anhang C zu finden ist. Diese soll den neuen Anwendern, vor allem auf Seiten der Lehrenden, einen schnellen Überblick über die Funktionen des Testsystems liefern und die möglichen pädagogischen Anwendungsszenarien kurz vorstellen.

5.6.5 Fragenkatalog

5.6.5.1 Inhalt

Für die Anwendung des Modells wurden im Zeitraum von Mitte 2003 bis zum 25.6.2008 fast 2000 Fragen konstruiert und zu mehr als 250 Tests zusammengestellt, die in der Summe fast 20.000 Mal genutzt wurden. Weitere Tests sind derzeit im Entstehen. Bei den Modellanwendungen „E-Learning / Blended Learning“ und „Weiterbildung“ sind die Autoren der Lehrpfade auch meistens die Konstrukteure der Fragen. Fast alle Fragen für die E-Prüfungen und für die Modellanwendung „Präsenzveranstaltung“ wurden in Eigenregie, d.h. ohne die Zuhilfenahme externer Autoren, erstellt. Insgesamt ist nur circa ein Viertel aller Fragen extern, d.h. von den Autoren des WiBA-Net[®] und der Weiterbildungsfirma GeWeB und von diversen Referenten des Weiterbildungskurses Fachplaner Energieeffizienz, erstellt worden. Alle Fragen wurden in das computergestützte System überführt.

Im Fragenkatalog sind Items von allen Modellanwendungen mit Ausnahme von Web 2.0 und von E-Prüfungen enthalten. In der Tabelle 5-2 sind die jeweilige Anzahl an Tests und die zugehörigem Themengebiete aufgeführt.

Ein Ziel dieser Arbeit ist die Verbesserung und gegebenenfalls die Erweiterung des bestehenden Fragenkatalogs, damit für die Anwendung des Modells genügend gute Items zur Verfügung stehen. Zunächst ist zu hinterfragen, welche Fragenart für welche Lernzielebene geeignet ist und welche sonstigen Kriterien einen Einfluss auf die Eigenschaften der Tests haben. Durch die hohe Anzahl an Testungen steht eine Vielzahl von Daten zur Auswertung bereit, wobei dabei weitestgehend auf die Methoden der klassischen Testtheorie zurückgegriffen wird. Dadurch können Rückschlüsse auf die Güte der Tests gezogen und gegebenenfalls Maßnahmen zu deren Verbesserung eingeleitet werden. Bei der folgenden Analyse kommen fast ausschließlich die in Eigenregie erstellten Tests und Fragen zur Anwendung.

Tabelle 5-2 Lernkontrollen – Anzahl und Themengebiete

Anwendungsfall	Anzahl Tests	Themengebiete
Präsenzveranstaltung	14	• Werkstoffe im Bauwesen
E-Learning/ Blended Learning	83	• Werkstoffe im Bauwesen • Erneuerbare Energien
Weiterbildung	151	• Bauphysik • Anlagentechnik • Energieeffizienz
E-Prüfung	10	• Bauphysik • Anlagentechnik • Energieeffizienz

Bei standardisierten Tests kann man in aller Regel von einheitlichen Rahmenbedingungen für die Analyse ausgehen. Die Probandengruppe ist stets homogen aufgebaut und die Testungen werden in aller Regel an einem Ort und gleichzeitig durchgeführt. Die hier zur Verfügung stehenden Daten wurden nicht unter solchen einheitlichen Randbedingungen gewonnen (informelle und lernzielorientierte Tests). Die Testungen wurden teilweise über viele Jahre und an sehr inhomogenen Personengruppen durchgeführt. Diesem Umstand ist bei der Interpretation der Analyseergebnisse (siehe Abschnitt 5.8) Rechnung zu tragen.

5.6.5.2 Metadaten

Zu den modellkonformen Testfragen werden zusätzlich einige Metadaten erfasst. Dies sind beschreibende Daten, die insbesondere bei der Konstruktion der Tests helfen. Im System sind die folgenden Metadaten hinterlegt:

- maximale Punktzahl
- Nutzung
 - nicht-öffentlich, z.B. nur für Klausuren
 - öffentlich, für alle Bereiche
- Schwierigkeitsindex
- Bloomsche Taxonomieebene

Bei der Ergänzung durch Metadaten wurde besonders darauf geachtet, dass nur die wichtigsten erfasst werden, so dass der für ihre Erfassung aufzuwendende Zeitbedarf gering bleibt. Bei vielen E-Learning-Projekten hat man sehr viele Ressourcen mit der Generierung von Metadaten, meist unter Berücksichtigung des Scorm-Standards, verbraucht, um dann doch festzustellen, dass viele dieser Daten gar nicht mehr genutzt werden. Dieser Umstand wird in

E-Learning-Kreisen häufig als „Friedhof der Metadaten“ bezeichnet und soll beim hier vorgestellten Modell unbedingt vermieden werden.

Durch das Metadatum „Autor“ lassen sich Tests automatisch erzeugen, die nur Fragen eines bestimmten Autors beinhalten. Das Datum „Nutzung“ ist wichtig, damit Fragen, die ausschließlich für verbindliche Prüfungen vorgesehen sind, nicht bereits in der Prüfungsvorbereitung dem Lerner angezeigt werden. Mit Hilfe des Schwierigkeitsindex lässt sich die Schwierigkeit der Frage auch für den gesamten Test abschätzen und mit der Hinterlegung der „Taxonomieebene“ lassen sich zum Beispiel alle anwendungsbezogenen Fragen zu einem Themengebiet herausfiltern und zu einem neuen Test zusammenstellen.

5.6.5.3 Kriterien zum Erstellen modellkonformer Testfragen

Schon Gage hat festgestellt, dass das Konstruieren von Testfragen mit gebundenen Antwortformen eine „Art Kunst“ darstellt [GAGE 1986]. Um qualitativ gute Tests zu erzeugen, ist eine Vielzahl von Kriterien zu beachten. Im Rahmen dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass diese in reduzierter Form auch auf Lernkontrollen anzuwenden ist. Die folgende Aufstellung beinhaltet deshalb die wesentlich Konstruktionshinweise für die Erlangung guter modellkonformer Lernkontrollen und wurde im Rahmen der WiBA-Net[®]-Arbeitsgruppe Tests erstellt. Im Übrigen sollten viele davon auch bei der Konstruktion von Testfragen mit offenen Antwortformen berücksichtigt werden.

Allgemein:

- Keine verwirrenden Formulierungen verwenden
- Keine stereotypen Formulierungen verwenden
- Keine doppelten Verneinungen verwenden
- Stets so klar und unmissverständlich wie möglich formulieren, was bei der Aufgabe getan werden soll
- Nur eindeutige Wörter und Begriffe verwenden
- Komplizierte Satzkonstruktionen vermeiden
- Auf funktionslose Füllwörter verzichten
- Ungenaue bzw. falsche Darstellungen von Sachverhalten vermeiden, auch dann, wenn sie für die Lösung der Aufgabe belanglos sind
- Unnötige und übertriebene Genauigkeit vermeiden
- Keine unnötige Erschwernis erzeugen, indem man Daten angibt, die zum Lösen der Aufgabe unnötig sind (Ausnahme: Die Auswahl der notwendigen Daten ist gewollt und Teil der Aufgabe)
- Versteckte Hinweise auf die korrekte Lösung vermeiden

Bei Multiple Choice:

- Im Fragenstamm entweder eine direkte Frage oder einen unvollständigen Satz, der mit Hilfe der Wahlmöglichkeiten zum vollständigen wird, verwenden
- Den Fragestamm stets so formulieren, dass bei den Wahlmöglichkeiten keine Wortwiederholungen entstehen
- Negierungen in Antwortmöglichkeiten deutlich hervorheben

Bei den Wahlmöglichkeiten:

- Auf korrekte Grammatik bei allen Wahlmöglichkeiten achten, insbesondere dann, wenn mit diesen der Satz vervollständigt wird (Häufig achtet man nur beim Attraktor auf korrekte Grammatik)
- Alle Wahlmöglichkeiten so formulieren, dass sie für einen Nutzer, der die Antwort nicht kennt, gleich plausibel wirken
- Keine Wahlmöglichkeiten verwenden, die sich gegenseitig voraussetzen oder einschließen
- Alle Wahlmöglichkeiten annähernd gleich lang formulieren, denn man neigt dazu, den Attraktor sehr ausführlich darzustellen
- Wahlmöglichkeiten, wie „Keines von diesen“, „Alle sind richtig“ nur sparsam verwenden
- Wahlmöglichkeiten in eine logische Reihenfolge bringen, wenn das möglich ist
- Folgende Wörter können Attraktoren entlarven und sollten deshalb vermieden werden
 - gewöhnlich
 - im Allgemeinen
 - oft
 - manchmal
- Folgende Wörter können Distraktoren entlarven und sollten deshalb auch vermieden werden:
 - immer
 - nie
 - alle
 - keiner
 - nur

Neben diesen Kriterien für gute Testfragen spielt auch die Testlänge eine wichtige Rolle. Zunächst einmal muss definiert werden, ob ein Speed- oder ein Niveautest konstruiert werden soll. Das Vermischen dieser beiden Arten ist vor allem bei verbindlichen Prüfungen, wie auch E-Prüfungen, zu vermeiden, denn andernfalls prüft man die Probanden hinsichtlich der beiden Kriterien Kompetenz und Bearbeitungsgeschwindigkeit, wobei letzteres zu stark gewichtet wird. Dies führt insbesondere bei Probanden mit mittleren Fähigkeiten zu ungerechten Ergebnissen, da eine Abgrenzung zu schlechten Studenten, die sich vor allem auf das schnelle Sammeln von Punkten fixieren, nicht mehr möglich ist. Bei den sehr guten Studenten hat die Vermischung in der Regel keinen Einfluss auf das Ergebnis.

Bei den Lernkontrollen ist die Testlänge weniger entscheidend. Allerdings hat sich im Rahmen des WiBA-Net[®] durchgesetzt und bewährt, dass die Bearbeitungsdauer für einen Posttest zehn Minuten nicht übersteigen soll, so dass in diesen Tests auch nur selten mehr als zehn Fragen vorzufinden sind.

5.7 Anwendungsfälle

5.7.1 E-Tests

5.7.1.1 Anwendungsfall Präsenzveranstaltung

Die Wirksamkeit des Anwendungsfalls Präsenzveranstaltung wurde im Rahmen von zwei ähnlichen Lehrversuche, die in den Wintersemestern 2004/2005 (Lehrversuch PVI) und 2005/2006 (Lehrversuch PVII) im Fach Baustofflehre an der TU Darmstadt durchgeführt wurden, getestet.

Zu den wöchentlich stattfindenden Vorlesungsstunden wurden modellkonforme Lernkontrollen (E-Tests) erzeugt, die von den Studenten im Nachgang bearbeitet werden konnten. Die Testfragen wurden von einem vorlesungsbetreuenden Mitarbeiter, d.h. im konkreten Fall vom Autor dieser Arbeit, direkt im Hörsaal konstruiert und mit Hilfe von einem Laptop über das campusweite Funknetz sofort in das Testsystem übertragen. Durch diese Vorgehensweise ergab sich eine Reihe von Vorteilen. Zum einen konnte man auf kurzfristige Änderungen im Lehrablauf besser reagieren und damit Fragen erstellen, die stets einen direkten Bezug zum Lehrstoff hatten. Zum anderen konnte man direkt beobachten, wie sich die Aufmerksamkeit der Zuhörer veränderte und damit auch Fragen erstellen, die sich aus dem Inhalt in den Phasen geringer Aufmerksamkeit ergaben. Wie nicht anders zu erwarten war, wurden diese besonders schlecht beantwortet. Einerseits erhielten die Studenten nun die Möglichkeit zur Selbstkontrolle und andererseits konnten die Dozenten korrigierend in den Lernprozess eingreifen. Schließlich hatte das Vorgehen den Vorteil, dass der Mitarbeiter nur während der Vorlesungsstunde, zu der er in vielen Fällen sowieso anwesend sein muss, mit dem Erstellen von Testfragen „belastet“ wird. Das heißt, dass in diesem Fall kein zeitlicher Mehraufwand erforderlich ist. Anzumerken ist noch, dass dies natürlich nur gelingen kann, wenn der Mitarbeiter mit dem zugehörigen Lehrstoff auch vertraut ist.

Der Vergleich der beiden Lehrversuche offenbarte keine großen Unterschiede bei der Umsetzung und Anwendung. Allerdings stand beim zweiten Mal bereits ein größerer Fragenkatalog zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Erstellung der Lernkontrollen vereinfacht wurde, denn es konnten stets ein paar Standardfragen aus dem bestehenden Fragenkatalog in die Tests eingebaut werden. Da damit auch Zeit für die Erstellung eingespart werden konnte, wurden in den Tests auch Fragen mit offenen Antwortformaten verwendet, bei denen die Bewertung erst nach meiner Korrektur via E-Mail übermittelt wurde (Aufsatzform AU). Diese Fragen wurden allerdings schlecht angenommen, denn einerseits verlieren die Studenten den gefühlten Vorteil der Anonymität, da sie ihre E-Mail-Adresse angeben müssen und andererseits müssen sie warten, bis die Aufgabe korrigiert wird. In der Summe mussten lediglich neun Antworten bei insgesamt drei solcher Fragen in drei verschiedenen Tests korrigiert werden, so dass dieses Experiment wieder eingestellt wurde. Nicht zu unterschätzen ist dabei auch der zusätzlich einzuplanende Zeitaufwand für den Mitarbeiter, denn eine individuelle Bewertung von Testfragen kostet viel Zeit.

Im Durchschnitt konnten bei jeder Vorlesungsdoppelstunde ca. zehn Fragen konstruiert werden, die meistens bereits fünf Minuten nach dem Ende Vorlesung über das WiBA-Net[®] online zur Verfügung standen. Zwar wurde den Studenten empfohlen, dass sie die Tests erst zwei Tage nach der Vorlesung bearbeiten sollten, jedoch wollte die Mehrheit der Studenten, dass die Tests unmittelbar nach der Vorlesung verfügbar sind. Dieser Wunsch wurde stets erfüllt. Im Rückblick war dies eventuell ein Fehler, da die empfohlene Ruhephase nur von wenigen Studenten eingehalten wurde. Die Tests wurden im Durchschnitt von ca. 90 Studenten bearbeitet, wobei die Anzahl der Vorlesungsbesucher in der Regel sogar etwas geringer war. Im Sinne des Modells bedeutet dies, dass es auch von den Studenten genutzt wurde, die nicht an der Vorlesung teilnehmen konnten oder wollten. Da keine personengebundenen Daten erfasst wurden, konnte kein Vergleich zwischen diesen beiden Gruppen stattfinden.

Was macht nun aber ein Dozent, dem in der Regel kein Mitarbeiter zur Verfügung steht. Da das Modell prinzipiell auch in Papier-und-Bleistift-Form möglich ist, könnte er stets ein paar Fragen, am besten unmittelbar nach der Vorlesung, notieren und entweder eine wissenschaftliche Hilfskraft zur Umsetzung ins Testsystem beauftragen oder dies natürlich auch selbst erledigen.

In Abbildung 5-8 sind die durchschnittlichen Ergebnisse der Vordiplomprüfungen in der Fächerkombination Baustofflehre/Werkstoffmechanik im untersuchten Zeitraum (Herbst 2003 bis Frühjahr 2006) angegeben. Dabei wird zwischen Bauingenieurstudenten (BI) und Studenten des Wirtschaftsingenieurwesens mit technischer Fachrichtung Bauingenieurwesen (WIBI) unterschieden. Bei der Ermittlung der Werte wurden die Ergebnisse der Probanden, die zwar zur Prüfung angemeldet waren, jedoch nicht erschienen sind, aus der Wertung entfernt. Außerdem blieb der Einfluss der teilweise erforderlichen mündlichen Nachprüfungen unberücksichtigt. Diese Arbeiten wurden mit der Note 5 in die Statistik aufgenommen. Die Abbildung 5-9 zeigt für den gleichen Zeitraum die zugehörigen Durchfallquoten.

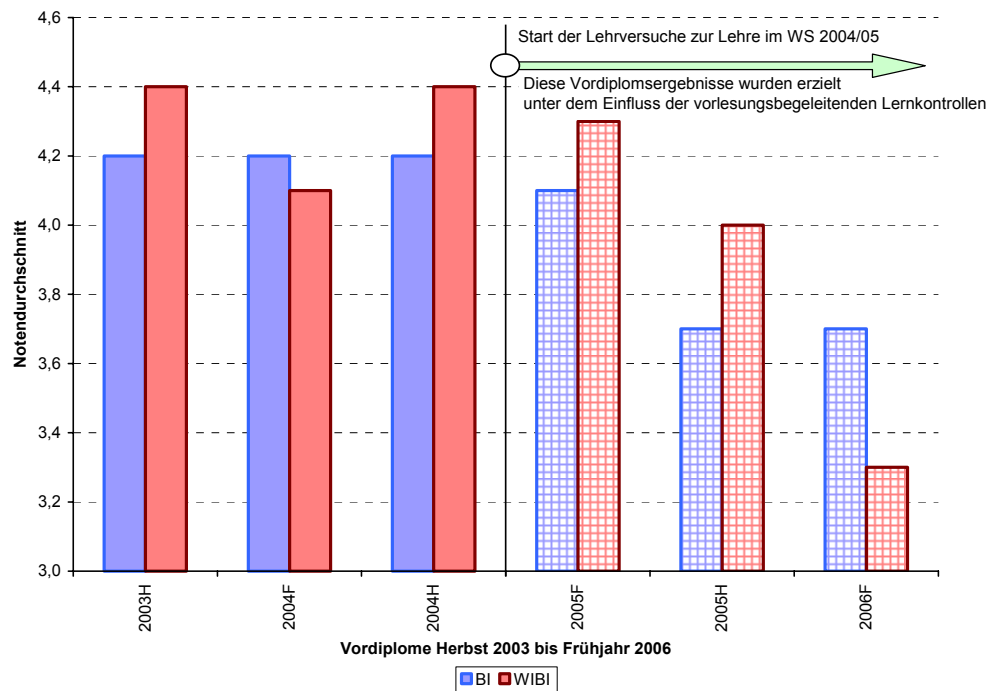


Abbildung 5-8 Ergebnisse der Vordiplomprüfungen im Fach Baustofflehre/ Werkstoffmechanik an der TU Darmstadt im Zeitraum Herbst 2003 bis Frühjahr 2006 - Notendurchschnitt

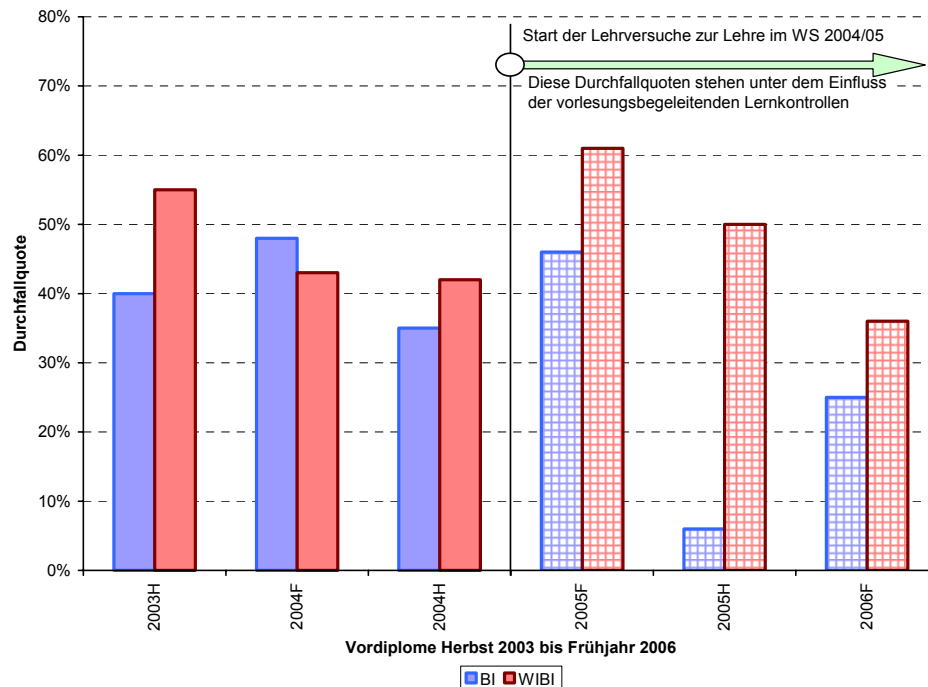


Abbildung 5-9 Ergebnisse der Vordiplomprüfungen im Fach Baustofflehre/ Werkstoffmechanik an der TU Darmstadt im Zeitraum Herbst 2003 bis Frühjahr 2006 - Durchfallquote

Anhand der Abbildung 5-8 erkennt man, dass die Einführung der vorlesungsbegleitenden Lernkontrollen (Modellanwendung Präsenzveranstaltung) dazu geführt hat, dass die durchschnittlichen Noten in den zugehörigen Vordiplomprüfungen tendenziell besser wurden, sowohl bei der Gruppe der Bauingenieurstudenten als auch bei der der Wirtschaftsingenieurstudenten. Bei den Durchfallquoten (Abbildung 5-9) ist allerdings kein solcher Trend festzustellen. Zwar haben sich die Quoten bei den Bauingenieurstudenten tendenziell positiv entwickelt, allerdings nicht bei den Wirtschaftsingenieurstudenten, bei denen sogar eine leichte Erhöhung festgestellt werden kann. Bei diesen Interpretationen wird angenommen, dass sich sowohl die Schwierigkeit der Prüfungen als auch die Fähigkeit der Studenten nicht über die Zeit hinweg verändert haben. Ferner bleiben alle sonstigen Einflüsse auf die Prüfungen, wie z.B. der Anteil an E-Learning in der zugehörigen Vermittlungsphase, unberücksichtigt.

Ein weiterer Lehrversuch wurde bereits im Jahre 2003 durchgeführt. Dazu wurde eine Vorlesungsstunde in einen Rechnerpool verlegt und dabei eine Einführung in das WiBA-Net[®] direkt am Rechner gegeben. Diese Gelegenheit wurde genutzt, um die Durchführung eines WiBA-Net[®]-Tests unter E-Prüfungsbedingungen zu erproben. Beim Ablauf zeigten sich weder technische noch methodische Probleme. Die Studenten absolvierten den Test konzentriert und ruhig, obwohl dieser keinerlei Prüfungsrelevanz hatte. Allerdings gab es für die besten Ergebnisse auch eine kleine Belohnung in Form von Süßigkeiten. Es verwundert ein wenig, dass dies ausreicht, um die Motivation anzukurbeln. Das heißt aber auch, dass die Einstreuung kleiner antreibender Effekte zu aufmerksameren Studenten führen kann.

Da der Computerraum für Bauingenieure nicht allen Studenten Platz bieten konnte, musste die Veranstaltung in zwei Teile gesplittet werden. Die erste Gruppe – Studenten des Wirtschaftsingenieurwesens mit technischer Fachrichtung Bauingenieurwesen – erzielte ein durchschnittliches Ergebnis von 63 Prozent, die zweite Gruppe – Bauingenieurstudenten – 71 Prozent. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit lag im ersten Fall bei 22 Minuten und 22 Sekunden und im zweiten Fall bei 22 Minuten und 55 Sekunden, was ein Indiz für eine gute Durchführungsobjektivität des Tests ist.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde außerdem ein System getestet, das eine Art Abwandlung des von Mühlhäuser entwickelten und eingesetzten digitalen Hörsaals darstellt, bei dem u.a. die Studenten Fragen anonym auf den Bildschirm des Dozenten schicken können. Dazu verwenden sie in der Regel den eigenen mitgebrachten Laptop. Da in der Vorlesung Werkstoffe im Bauwesen so gut wie kein Student einen Laptop mitbrachte, wurde bei der Datenübertragung somit auf ein System zurückgegriffen, bei dem die Mobiltelefone der Studenten zur Anwendung kamen. Zur Übertragung wurde der Bluetooth-Standard gewählt, der mittlerweile in fast allen Mobiltelefonen implementiert ist. Das System eignet sich weniger für Lernkontrollen, ist allerdings gut geeignet für nicht-kognitive Fragestellungen. Einfachster Anwendungsfall: Der Professor bittet die Studierenden am Ende der Vorlesungsstunde diese zu bewerten. Die Studenten nehmen ihr Mobiltelefon zur Hand und schicken eine Note von 1 – 5 an den Bluetooth-Empfänger, der entweder das Mobiltelefon oder der Laptop des Dozenten sein kann. Das System funktioniert auf eine sehr einfache Art und Weise und wurde im kleinen Rahmen

erfolgreich getestet. Allerdings erlaubt die Übermittlung eines einzigen Bewertungsparameters keine differenzierte Analyse der entsprechenden Vorlesungsstunde, d.h. die erhaltenen Daten haben zu wenig Aussagekraft, weshalb das Experiment nicht fortgeführt wurde. Dieser erste Ansatz ist trotzdem interessant, weil er eine unkomplizierte Möglichkeit aufzeigt, wie das von (fast) jedem verfügbare Massenprodukt Mobiltelefon in das Modell eingebunden werden kann.

Bearbeitungszeitpunkt

Die Lernkontrollen zu den Präsenzveranstaltungen wurden vor allem im Zeitfenster von 10:00 bis 23:00 Uhr durchgeführt, wie die Abbildung 5-10 zeigt. Die Spitzenzeiten liegen zwischen 13:00 und 14:00 Uhr und zwischen 16:00 und 17:00 Uhr. Einige Studenten nutzen allerdings auch die Stunden nach Mitternacht.

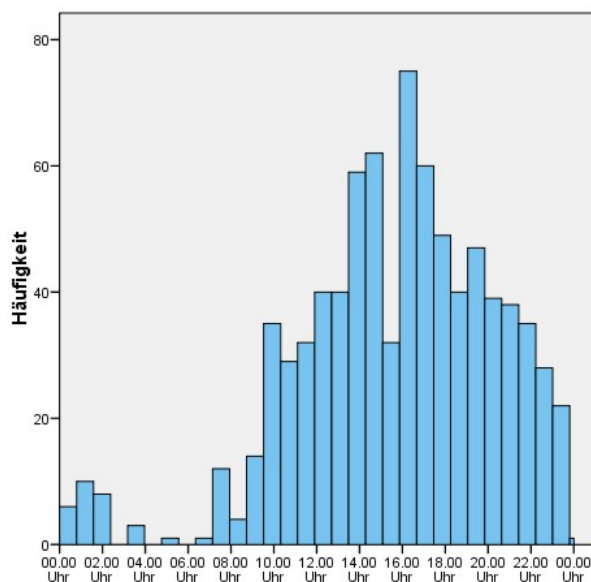


Abbildung 5-10 Anwendungsfall Präsenzveranstaltung – Anzahl der Testungen in Abhängigkeit von der Tageszeit

Beispiel

Als Beispiel für die Umsetzung des Anwendungsfalls Präsenzveranstaltung dient die Lernkontrolle „Baustofflehre 2006_01_25“, die aus 9 Fragen zum Thema Dauerhaftigkeit besteht. Die einzelnen Fragen sind in Anhang B dargestellt. Für die Analyse des Tests wird auf Abschnitt 5.8 verwiesen.

Für die Erstellung des Tests hat die 90-minütige Vorlesung vollkommen ausgereicht. Die Tabelle 5-3 schlüsselt den zeitlichen Bedarf zur Erstellung dieses Tests auf. Die Angaben können bei einem ungeübten Anwender zwei- bis dreifach höher liegen.

Tabelle 5-3 Anwendungsfall Präsenzveranstaltung – Zeitbedarf beim Beispiel Baustofflehre 2006_01_25

Frage / Test	Bezeichnung	Zeitbedarf [min]
PV01	Karbonatisierung Betonfestigkeit	3
PV02	Karbonatisierung Chloridkorrosion	3
PV03	Karbonatisierungsgleichung	10
PV04	Karbonatisierungstiefe	5
PV05	Karbonatisierungstiefe Brücke	15
PV06	Phenolphthalein	5
PV07	Korrosionsschäden	10
PV08	Wassertropfenkorrosion	10
PV09	Faktoren Karbonatisierung	10
Testzusammenstellung und Publikation		10
Summe		81

5.7.1.2 Anwendungsfall E-Learning / Blended Learning

Die Umsetzung dieses Anwendungsfalls erfolgte weitestgehend im Rahmen des WiBA-Net[®]. Die Autoren waren angehalten, zu jedem Lehrpfad auch eine Lernkontrolle zu erstellen und konnten dabei auf die pädagogische und technische Unterstützung der Test-AG zurückgreifen. Da aber – wie bereits erwähnt – die Implementierung der Tests in das WiBA-Net[®] erst in einer sehr späten Projektphase verwirklicht wurde, reichten die Ressourcen bei den Autoren meist nicht mehr aus, um alle, insbesondere die zu Projektbeginn erstellten Lehrpfade, mit Tests zu ergänzen.

Das Vorgehen für die Erstellung und Einbindung der Lernkontrollen wurde beim WiBA-Net[®] standardisiert. Den Autoren standen (und stehen) zwei unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Das erste Verfahren ist webbasiert. Die Autoren haben dabei direkten Zugang zum Testsystem über das Internet und können die Fragen und die Tests unmittelbar erzeugen und hinterlegen. Im Gegensatz zum zweiten Verfahren sind dabei nicht alle Funktionalitäten verfügbar, so können zum Beispiel Drag'n'Drop-Fragen nicht erstellt werden. Dafür ist beim zweiten Verfahren eine Teil-Installation der Testsoftware auf dem Arbeitsrechner des Autors erforderlich. Zum Publizieren eines Tests müssen der Test und die Fragen in eine Zip-Datei gepackt werden und an den Administrator des Testservers, zum Beispiel via E-Mail, verschickt werden, der dann die Einbindung ins System vollzieht. Zwar gab es auch die Möglichkeit, diesen Vorgang vollständig zu automatisieren und damit unabhängig vom Administrator zu machen, jedoch hat sich gezeigt, dass kaum ein Test ohne technischen Fehler geliefert wurde, wodurch eine persönliche Endkontrolle sowieso notwendig wurde, damit auch die Akzeptanz des Systems nicht durch nervende Fehler verloren geht. Bei beiden Verfahren erhielten die Autoren eine zufallsgenerierte, elfstellige Test-ID zugewiesen, und zwar bereits

unmittelbar nach dem ersten Speichern des Tests. Diese wird benötigt, damit der Test im Lehrpfaderstellungs-Tool des WiBA-Net[®] (L3) eingebunden bzw. referenziert werden kann.

Lernkontrollen des Anwendungsfalls E-Learning hatten einen entscheidenden Vorteil. Zu jedem Lehrpfad war ein Lernziel klar definiert, das als Grundlage für die Konstruktion des Tests verwendet werden konnte und auch musste.

Die Lehrpfade und die zugehörigen Lernkontrollen des WiBA-Net[®] wurden auch im Rahmen von Blended Learning genutzt. Bei der Vorlesung Baustofflehre wurde ein komplettes Kapitel, im konkreten Fall das Thema Stahl, nicht im Rahmen einer Präsenzveranstaltung gelehrt, sondern via WiBA-Net[®]-Lehrpfade, die sich die Studenten von zu Hause aus erarbeiteten sollten, vermittelt. Da das Kapitel inhaltlich sehr umfangreich war, wurde in der Folgewoche auf die Vorlesung verzichtet und wiederum eine Woche später wurde die Präsenzveranstaltung genutzt, um mit den Studenten über das Thema zu diskutieren. Die studentischen Ergebnisse bei den Lernkontrollen zeigten die Stärken und Schwächen auf und ermöglichten dem Dozenten die Lernsteuerung, d.h. bei der Diskussion konnten vor allem die Themen behandelt werden, bei denen die Studenten Mängel zeigten.

Die Lernkontrollen des WiBA-Net[®] weisen eine sehr unterschiedliche Anzahl an durchgeführten Testungen auf. Einige wurden in den vergangenen fünf Jahren weniger als 20 Mal bearbeitet, andere wiederum mehrere hundert Mal.

Neben den Posttest am Ende eines Lehrpfades befinden sich in WiBA-Net[®] auch so genannte Querschnittstests. Diese beinhalten zum einen zufallsgenerierte Tests, die Fragen zu einem bestimmten Themenkomplex, zum Beispiel Holz, darstellen und zum anderen Tests, bei denen die Fragen von externen Anbietern erstellt und im Rahmen des Projekts WiBA-Net[®] in eine computergestützte Form umgewandelt wurden. Dabei zu nennen sind vor allem die betont technologischen Fragen des Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein e.V. Die Abbildung 5-11 zeigt die Seite des WiBA-Net[®], über die diese Tests gestartet werden können.

WiBA-Net gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

Werkstoffe im Bauwesen

Übungspool / Prüfungsaufgaben

Im Bereich Prüfungsaufgaben stehen Ihnen Prüfungen, insbesondere Vordiplomprüfungen des Fachs "Werkstoffe im Bauwesen" zur Verfügung. Da nicht alle Prüfungsordnungen die Veröffentlichung dieser Aufgaben erlauben, erhalten sie diese nicht von allen Hochschulprofessoren. **Außerdem sind kleine Tests zu den Darmstädter Vorlesungen aufgeführt.**

Berlin | Darmstadt | Duisburg-Essen | Stuttgart

	pdf	interaktiv
Berlin		
WS 2000/2001	X	
SS 2001	X	
Darmstadt		
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-02-15 folgt in kürze		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-02-08		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-02-01		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-01-25		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-01-18		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-01-11		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre 2006-01-04		X
Test zur Vorlesung Baustofflehre ... to be continued		
Test mit 10 zufällig ausgewählten Fragen WS 04/05		X
Frühjahr 2001	X	
Herbst 2001	X	
Frühjahr 2002	X	
Herbst 2002		X
Frühjahr 2003	X	
Herbst 2003	X	
Frühjahr 2004	X	
Herbst 2004	X	

Abbildung 5-11 WiBA-Net - Bereich für Querschnittstests und Prüfungsaufgaben

Bearbeitungszeitpunkt

Bei Betrachtung der Anzahl der Testdurchführungen in Abhängigkeit von der Tageszeit fällt auf, dass zwischen den Modellanwendungen Präsenzveranstaltung und E-Learning / Blended Learning kaum ein Unterschied festzustellen ist. Insgesamt sind viele der Testungen am Nachmittag und in den Abendstunden gemacht worden, dagegen wenige am Vormittag, da die Studenten dann häufig in den Vorlesungen sitzen. In gewisser Weise spiegelt der Verlauf aus Abbildung 5-12 auch die Arbeits- bzw. Lernzeiten der Bauingenieurstudenten wider.

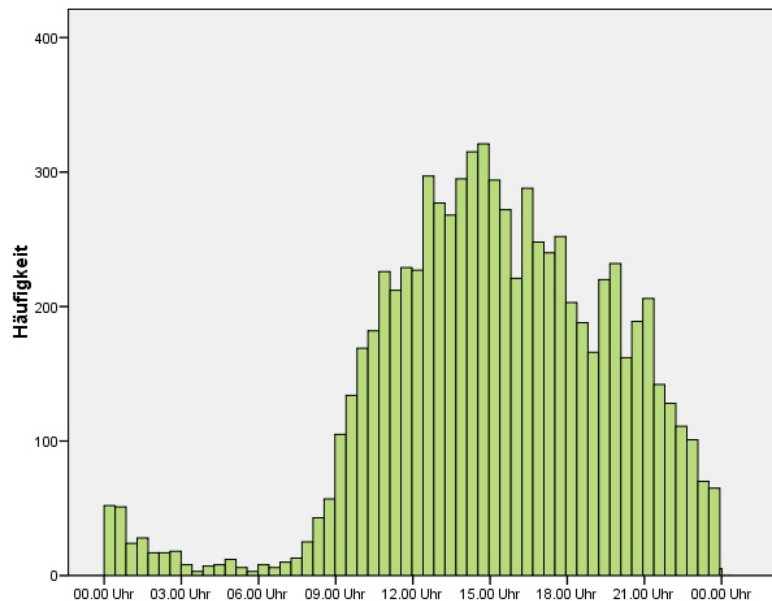


Abbildung 5-12 Anwendungsfall E-Learning / Blended Learning - Anzahl der Testungen in Abhängigkeit von der Tageszeit

Beispiel

Als Beispiel für die Umsetzung des Anwendungsfalls Präsenzveranstaltung fungiert der E-Test des WiBA-Net[®]-Lehrpfades Konsistenzbestimmung. Der Test besteht aus 10 Fragen der gebundenen Arten Multiple Choice, Mehrfachantwort und Zuordnung und der offenen Arten Lückentext und Essay. Die einzelnen Fragen sind im Anhang B dargestellt. Der Erstellungsaufwand war im Vergleich zum Beispiel für die Präsenzveranstaltung sehr viel höher. Da für den Lehrpfad Konsistenzbestimmung ein Lernziel definiert war, musste dieses natürlich auch für die Testfragen berücksichtigt werden. Der Zeitbedarf für die technische Konstruktion der Testfrage blieb zwar unverändert niedrig, jedoch musste mehr Zeit für die pädagogische Gestaltung aufgewandt werden.

5.7.1.3 Anwendungsfall Weiterbildung

Im Bereich Weiterbildung sind mehr als 150 modellkonforme Lernkontrollen umgesetzt worden. Auch in diesem Zusammenhang dienen die Lehrpfade und die zugehörigen Lernziele als Basis. Die Lehrpfade sind vergleichsweise stark handlungsorientiert, da die Teilnehmer das neu gewonnene Wissen in aller Regel auch gleich praktisch umsetzen wollen.

Dementsprechend sind auch mehr Fragen der Taxonomieebene Anwendung vorzufinden. Die Teilnehmer an Weiterbildungsveranstaltungen sind im Vergleich zu Studenten höher motiviert, insbesondere dann, wenn sie die Kursgebühr selbst bezahlen mussten. Dadurch konnten die einzelnen Vermittlungseinheiten umfangreicher gestaltet werden, da der Ermüdungseffekt dann später eintritt. Als Folge sind auch die zugehörigen Lernkontrollen mit einer durchschnittlich höheren Anzahl an Fragen versehen.

Die Teilnehmer der Weiterbildungsmaßnahmen nutzen die Lernkontrollen auch verstärkt als Pretests, das heißt, dass die Tests häufig noch vor dem Bearbeiten der eigentlichen Instruktionseinheit zumindest gelesen werden. Damit verschaffen sich die Teilnehmer einen Eindruck über die Inhalte der Lehrpfade, in Ergänzung zu den Lernzielen. Dabei sind nun zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall werden Teilnehmer betrachtet, die die Lernkontrolle erstmalig öffnen, diese aber kaum oder sehr schlecht bearbeiten und somit sehr wenig Punkte erzielen. Diese Teilnehmer absolvieren die Lernkontrolle dann nach 30 bis 45 Minuten erneut und erzielen ein sehr viel besseres Ergebnis, da in der Zwischenzeit der Lehrpfad bearbeitet wurde. Im zweiten Fall erzielen die Teilnehmer bereits beim ersten Mal ein gutes bis sehr gutes Testergebnis, ohne den Lehrpfad bearbeitet zu haben (Pretest). Solchen Teilnehmern hätte der entsprechende Lehrpfad wenig neues Wissen vermitteln können, so dass sie die Bearbeitungszeit einsparen konnten. Da im Rahmen des Modells Weiterbildung die Testergebnisse auch in die Gesamtbewertung eingehen, sind die Teilnehmer in beiden Fällen bemüht, ein gutes Ergebnis zu erhalten. Die beiden betrachteten Fälle dokumentieren aber auch die Wirksamkeit des Modells. Die Teilnehmer lassen sich auf effiziente Art und Weise weiterbilden, da sie kurzfristig entscheiden können, ob einzelne Lehrpfade für sie relevant sind und ob sie dadurch auch eine Zeitersparnis bekommen.

Im Umfeld der Weiterbildung wurden zwei Lehrversuche durchgeführt.

Versuch 1:

Im Rahmen der Weiterbildung zum Fachplaner Energieeffizienz, einem Kurs für Bauingenieure, Architekten und Anlagentechniker der Ingenieurkammer Hessen, müssen die Teilnehmer eine E-Prüfung absolvieren (siehe auch Abschnitt 5.7.2). (Anmerkung: Die entsprechenden Prüfungen werden seit 2005 vom Autoren dieser Arbeit erstellt und durchgeführt.) Der Teilnehmer kann wählen, ob er einen Kurs mit mehr E-Learning oder mehr Präsenzlehre haben möchte. Die Abbildung 5-13 zeigt die beiden unterschiedlichen Kursvarianten.

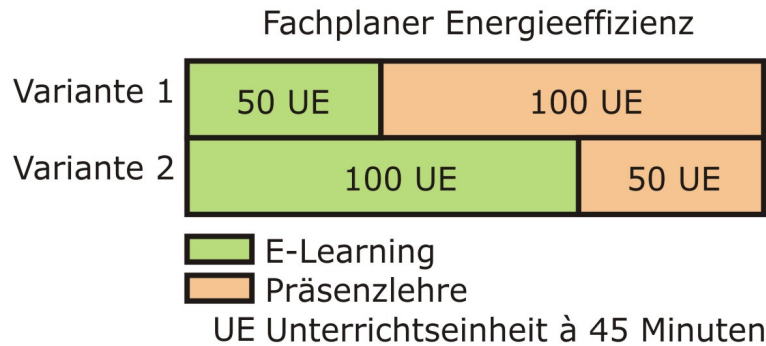


Abbildung 5-13 Varianten bei der Weiterbildung Fachplaner Energieeffizienz

Beide Varianten wurden im Weiterbildungszeitraum 2007/2008 etwa gleich häufig belegt. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die Teilnehmer, bei denen der E-Learning-Anteil bei zwei Drittel lag und die somit entsprechend viele modellkonforme Lernkontrollen bearbeitet haben, ein um durchschnittlich zehn Prozent besseres Ergebnis als die Teilnehmer der anderen Variante erzielten. Dies ist ein weiteres Indiz für die Wirksamkeit des Modells.

Versuch 2:

Der zweite Versuch fand im Rahmen der gleichen Weiterbildungsmaßnahme statt. Die Teilnehmer beider Varianten absolvierten zu Veranstaltungsbeginn einen Pretest zu den Inhalten des kompletten Kursprogramms. Es zeigte sich, dass viele Teilnehmer wenig bis gar kein Wissen zum integrierten Themenkomplex Anlagentechnik hatten. Im Sinne des Modells konnte der Lernprozess nun gesteuert werden, indem zum einen die Referenten über die Schwächen informiert wurden und somit ihre Vorträge anpassen konnten und zum anderen zusätzliche E-Learning-Lehrpfade zu den Grundlagen der Anlagentechnik, vor allem den Teilnehmern der Variante 2, zur Verfügung gestellt wurden.

Bearbeitungszeitpunkt

Bei den Teilnehmern der Weiterbildungskurse fällt auf, dass die Lernkontrollen vorrangig zu den üblichen Bürozeiten absolviert werden. Im Gegensatz zu den Studenten findet man somit auch viele Durchführungen am Vormittag. Überraschenderweise wird die Mittagspause vergleichsweise selten für Lernkontrollen genutzt, dahingegen sehr häufig die Zeit von ca. 14:00 bis 15:30 Uhr und damit eine Phase, in der viele Menschen im Leistungstief sind. Weiterhin ist festzustellen, dass eine Häufung zwischen ca. 19:00 und 22:00 Uhr stattfindet, was bedeutet, dass auch viele Teilnehmer die Tests nach der täglichen Arbeit am heimischen Rechner bearbeiten, wie aus Abbildung 5-14 hervorgeht. Sowohl die Studenten als auch die Weiterbildungsteilnehmer machten keine Tests im Zeitraum von 20:00 bis 20:15 Uhr. Da zu dieser Zeit immer die abendliche Nachrichtensendung in der ARD läuft, kann dieser Umstand als Tages-schauereffekt bezeichnet werden.

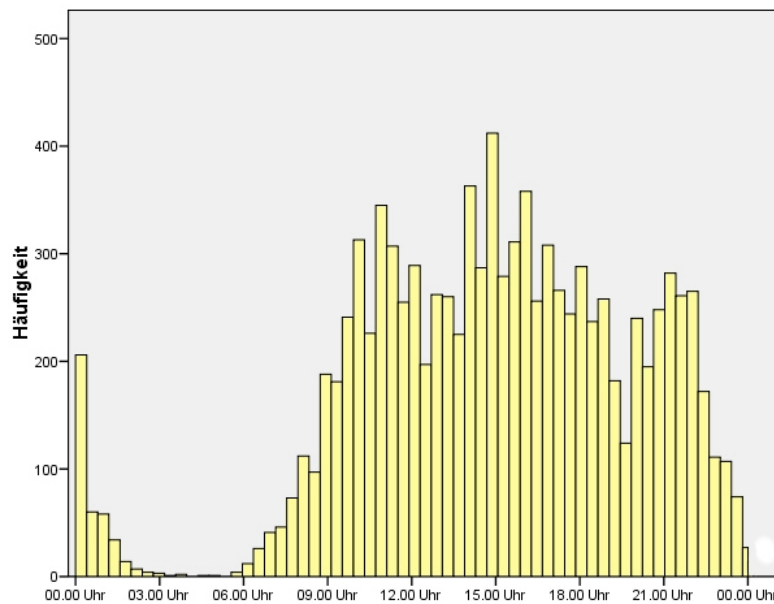


Abbildung 5-14 Anwendungsfall Weiterbildung – Anzahl der Testungen in Abhängigkeit von der Tageszeit

Beispiel

Als Beispiel für die Umsetzung bei der Weiterbildung dient der E-Test Temperaturverteilung in Bauteilen aus dem Themenkomplex Bauphysik. Der Test besteht aus zehn Fragen, der Arten Multiple Choice, Mehrfachantwort, Lückenwahl und Numerisch, die zweimal vorkommt und bei der jeweils das Ergebnis einer Berechnung einzutragen ist. Die einzelnen Fragen sind im Anhang B dargestellt. Der Erstellungsaufwand dieser Lernkontrollen ist verhältnismäßig hoch, da viele Fragen mit Bezug zur Anwendung eingebunden sind, bei denen zunächst geeignete Szenarien (gedanklich) entwickelt werden müssen. Die Analyse des Beispiels ist in Abschnitt 5.8 zu finden.

5.7.2 E-Prüfungen

5.7.2.1 Allgemeines

An den Hochschulen werden E-Prüfungen schon seit einigen Jahren mit steigender Tendenz angeboten. Insbesondere in den Geistes- und Sozialwissenschaften, in der Betriebswirtschaftslehre, in Jura und in der Medizin werden die Prüfungen aus alter Tradition heraus sehr häufig vor allem mit gebundenen Aufgabenformaten durchgeführt. Daher ist es nicht verwunderlich, dass diese Disziplinen auch Vorreiter bei E-Prüfungen sind. An der Universität Bremen wird seit 2002 das Lehrfach „Cognitive Sciences“ mit einer E-Prüfung abgeschlossen. In Berlin nutzt beispielsweise das rechtsmedizinische Institut an der Charite und an der Universität Mainz fast die Hälfte der Fachbereiche E-Prüfungen. Am 30. Juli 2008 wurden in Mainz bereits die 25.000. E-Prüfungen durchgeführt [UNIM 2008].

Bei Prüfungen handelt es sich immer um eine Ausnahmesituation, bei der alle Beteiligten unter höchster Anspannung stehen. Umso schlimmer ist es, wenn dann, wie in Berlin geschehen, das Prüfungssystem zur Prüfung versagt und die Reaktivierung nicht gelingt. Aus diesem Grund ist es stets ratsam, zur Durchführung solcher Prüfungen immer eine ausreichende Anzahl von Papier-und-Bleistift-Prüfungsbögen mitzunehmen, die im Notfall nur schnell kopiert werden müssten. Im Vergleich zur klassischen Methode gibt es bei E-Prüfungen sehr viele Störeinflüsse, wie Fehler im Netzwerk, am Client-Rechner oder am Server, die zum Komplettausfall des Systems führen können.

Auf den ersten Blick sind E-Prüfungen vor allem eine Methode zur wirtschaftlichen Gestaltung von Prüfungsereignissen. In Bezug auf die Durchführung, Auswertung und Archivierung der Prüfungsleistungen kann man auch von einem hohen Maß an Wirtschaftlichkeit ausgehen. Beim genaueren Betrachten ist festzustellen, dass die Konstruktion aber sehr viel aufwändiger als bei herkömmlichen Prüfungen ist, so dass jeweils bei der ersten Durchführung einer E-Prüfung kaum eine Kostenersparnis erzielt werden kann.

Bei jeder E-Prüfung sollte man dem Lerner eine Instruktion zur Methode geben. In einem beispielhaften Fall wurde vergessen, darauf hinzuweisen, dass in der Prüfungen sowohl die Fragenarten „Multiple Choice“ als auch „Mehrfachantwortfragen“ gibt. Ein Teilnehmer hat bei den letzteren immer nur eine Wahlmöglichkeit angekreuzt, so wie er es von Multiple Choice Aufgaben gewohnt war, und damit viele potentielle Punkte unabsichtlich verschenkt. Die Durchführung von E-Prüfungen sollte stets unter Aufsicht erfolgen, denn Betrugsmöglichkeiten sind auch bei dieser Methode denkbar. Die FU Hagen hatte Anfang des Jahrtausends E-Prüfungen in den Wirtschaftswissenschaften durchgeführt, bei denen der Prüfling von zu Hause aus agierte und mit Hilfe einer Webcam überwacht wurde. Mittlerweile wird diese Methode nicht mehr angeboten, so dass die Prüflinge wieder an einen zentralen Prüfungsort reisen müssen. Für E-Prüfungen eignen sich grundsätzlich alle Rechner-Pools. Diese werden seit der Implementierung von frei verfügbaren Funk-Netzen (WLAN) an den Hochschulen nur noch selten genutzt und könnten mit Hilfe von E-Prüfungen einen neuen Verwendungszweck erhalten. Für Prüfungen mit vielen Teilnehmern stehen häufig zu wenig Rechner zur Verfügung. Indem man die gleiche Prüfung zweimal, zeitlich unmittelbar hintereinander durchführt und beim Wechsel die Teilnehmergruppen lokal trennt, braucht man im Verhältnis zu den Teilnehmern nur noch die Hälfte an Rechnern, was häufig aber immer noch zu viel ist. An der Universität Mainz ist man beispielsweise übergegangen, alle verfügbaren Rechnerpools organisatorisch zu bündeln, so dass mehrere Räume für eine Prüfung gleichzeitig genutzt werden können. Damit gelingt dann auch die Prüfung bei Massenveranstaltungen.

Im Rahmen von E-Prüfungen können sowohl Fragen mit gebundenen als auch mit offenen Antwortformaten zur Anwendung kommen. Bei letzteren ist die Auswertung nicht unproblematisch, sowohl bei einer „menschlichen“ als auch bei einer computergestützten Auswertung.

Letztere ist bei Freitextfragen enorm aufwändig und steht im Widerspruch zur erwünschten Effizienzsteigerung durch den Einsatz der modellkonformen Tests. Deshalb ist hierbei die menschliche Auswertung vorzuziehen. Außerdem entsteht durch die menschliche Auswertung

eine Mischform, bei der auf der einen Seite der Computer und auf der anderen Seite ein Mensch Fragen in einer E-Prüfung bewertet. Einige Vorteile von E-Prüfungen gehen damit verloren.

Trotzdem kann die computergestützte Methode dann auch für Freitextfragen sowohl zur Darstellung der Fragen und Ergebnisse als auch zur Archivierung sinnvoll eingesetzt werden. Vor dem Hintergrund, dass verbindliche Prüfungen häufig viele Jahre lang archiviert werden müssen, ist die digitale Form von Vorteil.

Weiterhin würde auch bei der Mischform das zeitaufwändige manuelle Übertragen der Zensuren in ein Verwaltungssystem entfallen, da dieser Vorgang sehr einfach automatisiert werden könnte.

Einen weiterer Vorteil der E-Prüfung ist: Während bei herkömmlichen Prüfungen die Teilnehmer nur Informationen über ihre individuellen Fehler erhalten, wenn sie die Prüfungseinsicht wahrnehmen, was aber nicht alle tun, so können bei E-Prüfungen alle Teilnehmer ein angepasstes, unmittelbares Feedback über ihre Leistung bzw. Fehler erhalten. Da die Prüfung stets eine Art Abschluss für ein Lehrgebiet darstellt, ist diese Rückmeldung die letzte Chance, um die noch vorhandenen Lücken transparent zu machen.

Anzumerken ist noch, dass in diesem Fall das Prinzip der Freiwilligkeit nicht mehr greift. Prüfungen müssen schließlich absolviert werden.

5.7.2.2 Umsetzung

Alle umgesetzten E-Prüfungen wurden im Rahmen von Weiterbildungskursen durchgeführt. Eigene Erfahrungen zu E-Prüfungen in der universitären Ausbildung liegen nicht vor.

Die E-Prüfungen wurden stets von allen Teilnehmern in einem Raum mit Rechnerausstattung gleichzeitig bearbeitet, wie aus Abbildung 5-15 ersichtlich wird. Zu Beginn erhielten die Teilnehmer eine Einführung, damit eine möglichst hohe Durchführungsobjektivität erzielt werden konnte. Dabei konnten die Teilnehmer zwischen dem Internet Explorer und Mozilla Firefox als Browser wählen. Zwar steht auch ein so genannter Secure Browser von der Firma Questionmark zur Verfügung, der Täuschungsversuche verhindert, indem keine zusätzlichen Anwendungen auf dem Rechner gestartet werden können, jedoch wurde auf dieses technische Hilfsmittel verzichtet, da einerseits mit einer gewohnten Oberfläche gearbeitet werden sollte und andererseits Täuschungsversuche sowieso mit Hilfe einer Aufsicht verhindert wurden. Diese werden zudem erschwert, da die einzelnen Wahlmöglichkeiten in zufälliger, individueller Reihenfolge angezeigt wurden und damit ein kurzer Blick auf den Bildschirm des Nachbarn nicht mehr ausgereicht hätte. Die vorgesehene Dauer für die E-Prüfungen lag zwischen 30 und 60 Minuten, wobei auch in diesem Fall der Grundsatz, dass für jeden Punkt eine Minute Bearbeitungszeit vorzusehen ist, berücksichtigt wurde. Alle umgesetzten E-Prüfungen wurden am Vormittag, in den meisten Fällen um 9:00 Uhr gestartet. Die Analyse des Beispiels Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008 ist in Abschnitt 5.8 zu finden.



Abbildung 5-15 E-Prüfung zum Fachplaner Energieeffizienz – Prüfungssituation

Wenn man E-Prüfungen auch im Rahmen einer universitären Ausbildung einsetzen möchte, ist zu prüfen, ob erstens die entsprechende Prüfungsordnung dies erlaubt und zweitens auch komplexe Freitextfragen berücksichtigt werden können.

In Bezug auf die Prüfungsordnung zeigt ein Urteil des Oberverwaltungsgerichtes in Köln die Schwierigkeiten auf. Mehrere Studenten der Betriebswirtschaftslehre hatten gegen die Wertung ihrer Vordiplomprüfung geklagt, weil diese in Multiple-Choice-Form durchgeführt wurde und weil die Kläger, um dies nicht ganz zu verschweigen, die Prüfung nicht bestanden hatten; und sie bekamen Recht, weil die Prüfungsordnung diese Form nicht mit einschloss. Dieses Urteil hatte weit reichende Folgen, da in Nordrhein-Westfalen, aber zum Beispiel auch in Sachsen, hunderte Studenten ihre Prüfung wiederholen durften. Damit wird deutlich, dass die Einführung von E-Prüfungen – mit oder ohne MC-Aufgaben – nicht en passant erfolgen kann.

Allerdings wurden zahlreiche Klausuren im Rahmen der Bauingenieurausbildung hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit in eine E-Prüfung untersucht. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass sowohl im Grund- als auch Hauptstudium Berechnungsaufgaben dominieren. Nur etwa 10 – 20 Prozent der Aufgaben würden sich ohne größere Anstrengungen in gebundener Form darstellen lassen. Für die Vielzahl der Fragen mit offenen Antwortformaten müsste man neue Werkzeuge entwickeln, die die computergestützte Bearbeitung ermöglichen. Der geringe Zusatznutzen rechtfertigt den gewaltigen zugehörigen Aufwand meines Erachtens aber nicht.

In manchen Prüfungen, wie zum Beispiel bei der Diplomprüfung Massivbau, gibt es Abschnitte, in denen „Allgemeine Grundlagen“ geprüft werden. Viele der darin enthaltenen Fragen lassen sich meist ohne große Mühe in gebundene Frageformate umwandeln und wären damit für die Methode E-Prüfung geeignet.

Dagegen sind Freitextfragen und Berechnungsaufgaben nur sehr schwierig in eine E-Prüfung integrierbar. Daher ist zu überlegen, ob nicht die Mischform, wie in Abbildung 5-16 dargestellt, die geeignete Variante sein kann. Das heißt, dass zwar alle Angaben digital über den Monitor angezeigt werden, dass jedoch vor allem die Berechnungsaufgaben klassisch in Papier-und-Bleistift-Form zu beantworten und auszuwerten sind. Eventuell könnten die Zwischenergebnisse und das Endergebnis dann vom Lerner ins digitale Prüfungsformular übertragen werden, damit eine (vorläufige) Bewertung erfolgen kann. Die Antwort für Freitextfra-

gen kann zwar digital erstellt werden, es sei denn, dass zum Beispiel Skizzen zur Verdeutlichung gemacht werden müssten, die automatische computergestützte Bewertung ist dann aber nicht zu empfehlen.

Bei den Klausuren im Bauingenieurwesen gibt es in der Regel bereits Punkte für den korrekten Rechengang und das auch dann, wenn frühzeitig ein Fehler gemacht wurde, der letztendlich zu einem falschen numerischen Ergebnis führt. Diese Art der Bewertung stellt eine noch zu große Herausforderung für E-Prüfungen dar.

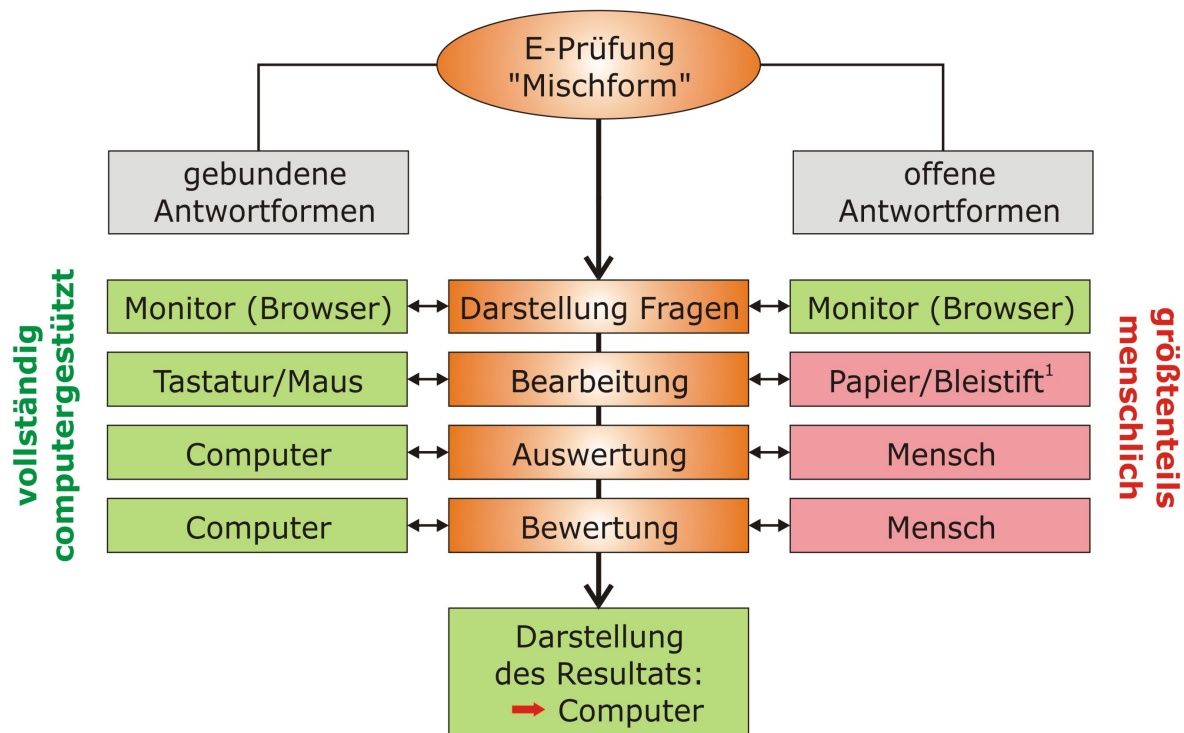


Abbildung 5-16 E-Prüfung - Mischform (¹: bei reinen Textantworten kann die Bearbeitung auch mit "Tastatur/Maus" erfolgen)

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Versuche zur automatischen Bewertung unternommen. Als Grundlage diente eine Klausur aus dem Fach Bauchemie, die bereits durch einen „menschlichen Prüfer“ ausgewertet war. Bei den Freitextfragen in dieser Klausur wurden die maßgeblichen Schlagworte aus der Musterlösung herausgefiltert, gewichtet und in das System übertragen. Wenn nun ein Proband solche Schlagworte bzw. Schlagwortstämme in seiner Antwort vorzuweisen hatte, wurden diese entsprechend bepunktet. Die Satzsemantik wurde allerdings nicht berücksichtigt, so dass als Ergebnis festgehalten werden muss, dass kaum objektive Bewertungen erzielt werden konnten. Das heißt, dass bei Freitextfragen der menschliche Prüfer vorerst unabdingbar bleibt. Die Mischform ist aber trotzdem zu empfehlen ist, da, mit Ausnahme der sofortigen Bewertung der Aufgaben mit offenen Frageformaten, die Vorteile einer E-Prüfung, zum Beispiel bei der Archivierung, erhalten bleiben. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass auch für die Mischform ausreichend Computer bei der Prüfung zur

Verfügung stehen müssen. Die zugehörigen Computerräume eignen sich in der Regel aber sehr gut für die Durchführung der Mischform, denn einerseits sind sie fast immer klimatisiert und andererseits steht ausreichend Arbeitsfläche zur Verfügung und man könnte eine Prüfung auch dahingehen verändern, dass die Verwendung bestimmter Software, wie zum Beispiel Statiksoftware, mit eingebunden wird.

Beispiel:

Als Beispiel für die Umsetzung von E-Prüfungen wird die „Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008“ herangezogen. Diese besteht aus 38 Fragen und wurde im Januar 2008 von 32 Teilnehmern absolviert (siehe auch Anhang B). In dem Test wurden ausschließlich Fragen mit gebundenem Antwortformat verwendet. In dem Test sind zehn Fragen eingebunden, die von einem anderen Autor stammen. Die Analyse dieser E-Prüfung ist im folgenden Abschnitt zu finden.

5.8 Analyse der Lernkontrollen

5.8.1 Allgemeines

In Abschnitt 3.2.3 wurde die Bedeutung der Gütekriterien für einen Test bereits ausführlich erläutert. Im Sinne des Modells sind die Tests vor allem deswegen zu analysieren, damit aus der Testauswertung keine falschen Schlussfolgerungen gezogen werden. Ziel der Analyse ist die Findung der jeweiligen Testendform, d.h. gegebenenfalls müssen die Tests durch die Modifikation oder das Löschen einzelner Items oder das Hinzufügen neuer Items verbessert werden.

Damit die Ergebnisse eines Leistungstests vernünftig interpretiert werden können, sind die Normierung des Tests und die Ermittlung des Standard-Messfehlers unerlässlich. Mit Hilfe der Normierung kann man beispielsweise sagen, dass ein Proband 75 Prozent der möglichen Punkte erzielt hat, der Standardmessfehler zeigt auf, wie zuverlässig das Ergebnis bzw. wie hoch der Messfehler ist, so dass ein Vertrauensbereich für jedes individuelle Ergebnis gebildet werden kann.

Neben den Vorteilen bei der Beurteilung der studentischen Leistungen im Hinblick auf die Notenvergaben sind die Analysen auch notwendig, damit eine wirkungsvolle Lernsteuerung von Seiten der Dozenten gelingt. Statistische Auffälligkeiten bei der Analyse könnten zum Beispiel deutlich machen, dass nahezu alle Studenten den Lehrstoff bereits verstanden haben und eine unter Umständen geplante Wiederholung dann nur langweilen würde.

Im Abschnitt 3.2.9 wurden bereits die notwendigen Schritte zum Konstruieren von Tests genannt. Diese werden im Folgenden kurz erläutert und Schritte, die für die Analyse der modellkonformen Lernkontrollen von besonderer Bedeutung sind, werden ausführlich dargestellt.

1. Operationalisierung der Lernziele

Damit wird festgelegt, welche Verhaltensweisen der Lerner am Ende einer Unterrichtssequenz zeigen soll, d.h. im Falle des Modells, welche neuen Kompetenzen der Lerner erwerben soll. Diese Operationalisierung war bereits eine Voraussetzung für die Methode der programmierten Unterweisung nach Skinner (siehe Abschnitt 3.1.2.2).

2. Erstellung der Spezifikationstabelle

Im Rahmen dieses Schritts wird für einen zu erstellenden Tests entschieden, welche der einzelnen operationalisierten Lernzielkomponenten Gegenstand des Tests sein sollen, was im Sinne des Modells in der Regel alle Komponenten sind. Außerdem wird die Anzahl der benötigten Items grob festgelegt.

3. Aufgabenkonstruktion

Hierbei wird bestimmt, welche Fragentypen für die Prüfung der entsprechenden Lernzielkomponenten am besten geeignet sind. Um eine stereotype Darstellung zu vermeiden, ist auf eine hohe Variabilität zu achten. Die einzelnen Fragen müssen im Rahmen dieses Schritts auch ausformuliert werden. Es empfiehlt sich mit den komplexen Fragen zu beginnen, da einfachere daraus ableitbar sind.

4. Entwicklung der Test-Vor-Form

Bei diesem Schritt sind die einzelnen Fragen sinnvoll zu gruppieren und ein Auswertungsschlüssel ist festzulegen, damit für alle möglichen Antworten ein geeignetes Feedback formuliert werden kann. Dabei sollten ähnliche Fälle zusammengefasst werden, denn bei einer Aufgabe vom Typ Mehrfachantwort gibt es bei nur fünf Wahlmöglichkeiten bereits $5! = 120$ unterschiedliche Antwortmöglichkeiten (Produkte).

5. Praktische Durchführungen des Tests

Es sollte dabei darauf geachtet werden, dass die Stichproben ausreichend groß sind (möglichst: $N > 100$) und dass nur solche Personengruppen daran teilnehmen, für die der Test letztendlich auch gedacht ist.

6. Itemanalyse

Durchzuführen sind Schwierigkeits-, Trennschärfe und Distraktorenanalyse.

7. Überprüfung der Reliabilität und der Objektivität

Die Reliabilität von Lernkontrollen ist am besten mit Hilfe der Konsistenzanalyse zu bestimmen. Die Objektivität ist kritisch zu hinterfragen.

8. Überprüfung der Validität

Die Lernkontrollen sind auf inhaltliche Validität zu prüfen.

9. Normierung

Dabei muss ein Vergleichswert geschaffen werden, der zur Beurteilung der jeweiligen Leistung dient. Bei den meisten modellkonformen Tests wird in drei Kategorien normiert. Lerner mit 80 – 100 Prozent der möglichen Punkte werden der Kategorie „sehr gute Leistung“ zugeordnet, solche mit ca. 50 – 79 Prozent der Kategorie „durchschnittlich“ und mit weniger Punkten der Kategorie „unterdurchschnittlich“. Letzteren wird deutlich gemacht, dass ihre Leistung unter dem Cut-Off-Wert liegt, d.h. dass die Leistung nicht zum Bestehen der Lernkontrolle gereicht hätte. Bei E-Prüfungen wird in der Regel genauer differenziert und auf die Noten 1 (eine hervorragende Leistung) bis 5 (eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel den Anforderungen nicht mehr genügt) zurückgegriffen.

10. Testendform

Jede Lernkontrolle wird in eine Testendform überführt. Da die Lernkontrollen auch noch in Zukunft angeboten werden, ist die Testendform kein starres Gebilde, sondern kann infolge späterer Analysen ein neues Erscheinungsbild erhalten.

In den folgenden Abschnitten wird auf die Schritte 6,7 und 8 detailliert eingegangen. Mit der Analyse der Tests soll festgestellt werden, wie verhältnismäßig schwierig die Aufgaben sind (Schwierigkeit), ob sich die Aufgaben zur Unterscheidung zwischen guten und schlechten Lernern eignen (Trennschärfe) und ob alle Distraktoren bei einer Frage annähernd gleich oft gewählt werden (Distraktorenanalyse). Ferner muss die Qualität der Tests mit Hilfe der Gütekriterien bestimmt werden. Die Bedeutung der Analyse für das Modell wird mit Hilfe der Abbildung 5-17 deutlich:

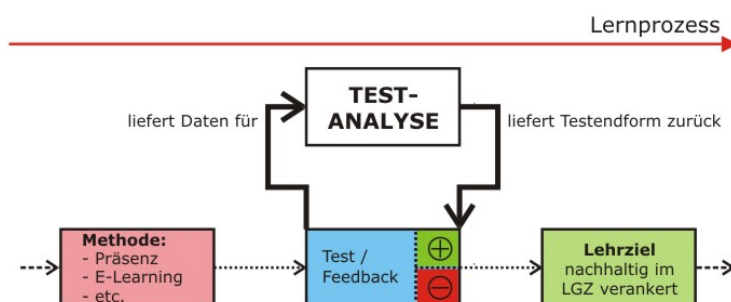


Abbildung 5-17 Einbindung der Testanalyse in das Modell

Im Rahmen des Lernprozesses beeinflusst die Testanalyse lediglich die Modellkomponente „Test/Feedback“, d.h. die Testfragen, die Auswertung, die Bewertung und das Feedback. Da dies die wesentlichen Elemente des Modells sind, erhält die Testanalyse eine besondere Bedeutung.

Mit der Hilfe der Analyse erhält man zunächst Zahlenwerte für die einzelnen Kennwerte. Diese müssen schließlich noch bewertet und eingeordnet werden. Eine nützliche Hilfestellung dazu bietet die von Fisseni erzeugte Einteilung, die in Tabelle 5-4 dargestellt ist [FISS 1997].

Tabelle 5-4 Kategorien zu den Gütekriterien

Kennwert	Abkürzung	Niedrig	Mittel	Hoch
Schwierigkeit	P	> 80	80 – 20	< 20
Trennschärfe	r_{itc}	< 0,30	0,30 – 0,50	> 0,50
Reliabilität	r_{tt}	< 0,80	0,80 – 0,90	> 0,90

5.8.2 Analyseauswahl

Für die Analysen wurden je ein Test der Anwendungsfälle Präsenzveranstaltung, E-Learning/Blended Learning, Weiterbildung und E-Prüfung ausgewählt. Diese Tests sind augenscheinlich repräsentativ für den jeweiligen Fall. Eine Umsetzung von Web 2.0 hat bislang noch nicht stattgefunden. Die entsprechenden Tests sind bereits vorgestellt worden (siehe auch Anhang B).

Mit Hilfe des verwendeten Testsystem Perception lassen sich bei den einzelnen Testungen eine Reihe von Daten automatisch aufzeichnen, die für die Analyse benötigt werden. Bei jeder Testung werden unter anderen die folgenden benötigten Daten erfasst und in der Datenbank abgespeichert:

- Testzeit
- Testdauer
- gegebene Antworten
- erzielte Punkte pro Frage
- maximale Punkte pro Frage
- Anzahl der Wahlmöglichkeiten pro Frage
- Gesamtpunktzahl
- maximale Punktzahl
- gegebenes Feedback

Insbesondere bei den Lernkontrollen des Anwendungsfalls E-Learning/Blended Learning fiel auf, dass bei vielen Testungen die Lernkontrollen entweder gar nicht oder nicht ernsthaft absolviert wurden oder zum Teil noch vor der Bearbeitung des zugehörigen Lehrpfades nur kurz geöffnet wurden. Da diese Fälle das Analyseergebnis verzerrt hätten, mussten sie in geeigneter Weise ausgeschlossen werden. Die entsprechenden Ausschlusskriterien wurden bei allen Tests identisch gehandhabt. Es wurden alle Datensätze, bei denen kein einziger Punkt erzielt wurde und solche, bei denen die Bearbeitungszeit kleiner als 20 Sekunden war, für die Analyse nicht berücksichtigt. Da die Ausschlusskriterien nicht allzu streng gewählt wurden, ist damit zu rechnen, dass noch weitere nicht ernsthaft durchgeführte Testungen mit in die Analyse

eingegangen sind, insbesondere bei umfangreichen Tests, was bei der Bewertung der Analyseergebnisse zu berücksichtigen ist.

Die Tabelle 5-5 zeigt die gewählten Tests, die jeweilige Anzahl an Fragen, die maximale Punktzahl und die zugehörigen Häufigkeiten der Testungen.

Tabelle 5-5 Ausgewählte Tests für die Analyse

Anwendungsfall	Testname	Anzahl Fragen	Max. Punktzahl	Anzahl Testungen	Anzahl Testungen (nach Ausschlusskriterium)
Präsenzveranstaltung	Baustofflehre 2006_01_25	9	19	92	82
E-Learning / Blended Learning	Konsistenzbestimmung	10	25	392	300
Weiterbildung	Temperaturverteilung in Bauteilen	10	21	477	400
E-Prüfung	Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008	38	81	32	32

Für die meisten Analysen wird vorausgesetzt, dass die Variable Gesamtpunktzahl normalverteilt ist. Bei den vier ausführlich untersuchten Beispielen wurde die Normalverteilung überprüft.

5.8.3 Schwierigkeit

Die Schwierigkeit im Sinne der klassischen Testtheorie wird, wie bereits in Abschnitt 3.2.3.7 erwähnt, auf der Grundlage von den Testergebnissen einer Stichprobe bestimmt. Der Schwierigkeitsindex liegt zwischen den Zahlenwerten 0 und 100, wobei 100 für eine Frage steht, die von allen Probanden richtig beantwortet werden konnte, also für eine sehr leichte Frage. Einen ersten Anhaltspunkt für die Schwierigkeit der untersuchten Tests liefert Abbildung 5-18.

Für einen Test sollte angestrebt werden, dass einerseits die meisten Fragen eine mittlere Schwierigkeit aufweisen, da dadurch die höchsten Trennschärfen erreicht werden können und andererseits zusätzlich schwere Fragen ($p < 20$) und leichte Fragen ($p > 80$) eingearbeitet werden, denn nur dann kann über die gesamte Messskala hinweg differenziert werden.

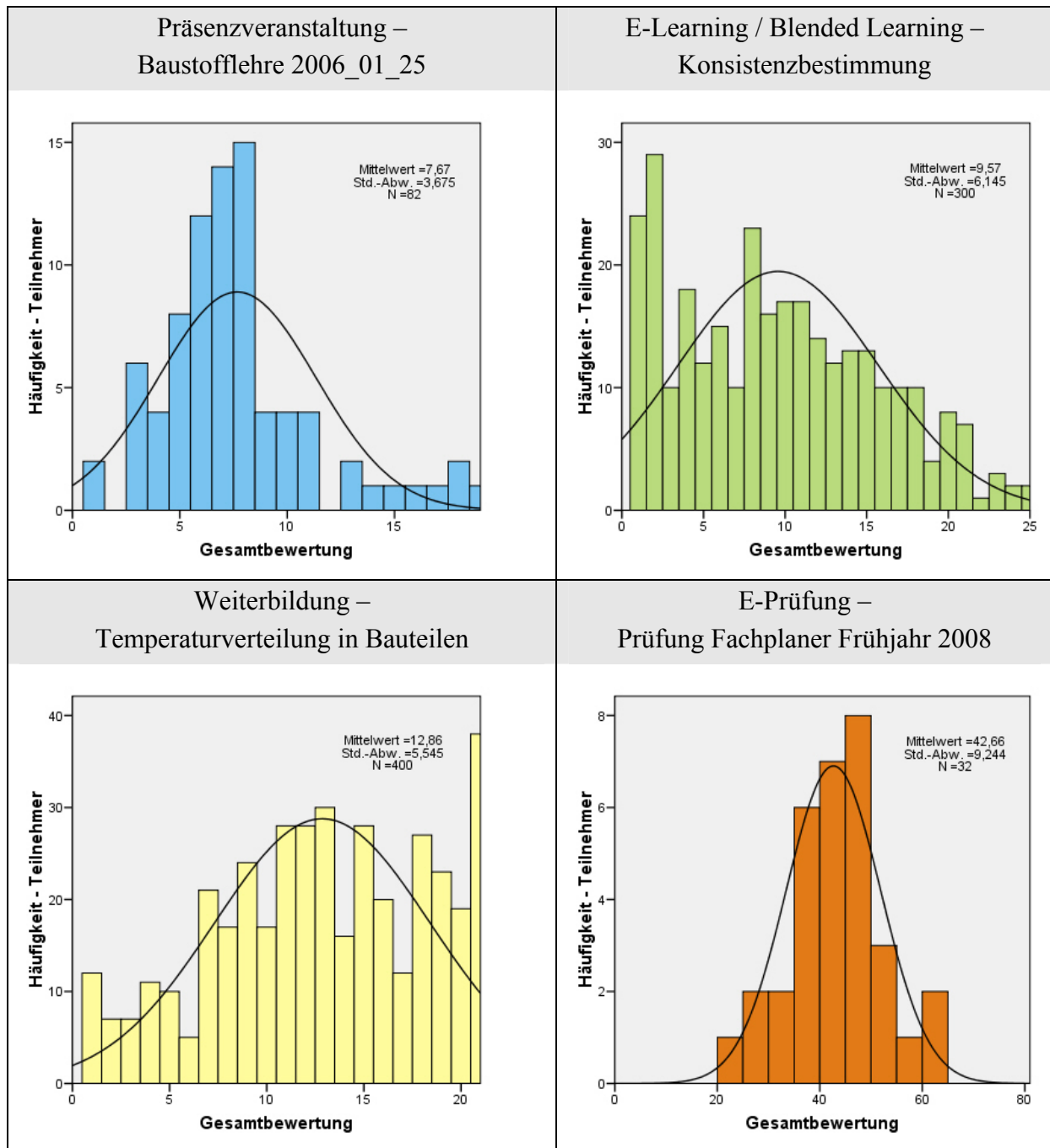


Abbildung 5-18 Histogramme und Verteilungskurven zu den Beispielen

Für die Berechnung der Schwierigkeitsindizes für die einzelnen Fragen können unterschiedliche Methoden angewendet werden. Die bereits genannte Standardformel für die Schwierigkeit lautet:

$$P = \frac{N_R}{N} \cdot 100$$

mit: P: Schwierigkeitsindex

N_R : Anzahl der Probanden, die die Aufgabe richtig gelöst haben.

N: Anzahl aller Probanden

Diese Formel lässt sich erweitern, indem man zum einen eine Zufallskorrektur und zum anderen die Inangriffnahme der Aufgabe berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.2.3.7). Auf beide Erweiterungen wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, da erstens nicht präzise zu beurteilen war, ob sich ein Proband mit einer bestimmten Aufgabe wirklich beschäftigt hat und zweitens die Berücksichtigung des Zufalls, nach Meinung des Autors, bei Lernkontrollen zu einem unverhältnismäßig starken Anstieg des Schwierigkeitsindex führt (siehe auch Tabellen 5-6 bis 5-9).

Sehr schwere und sehr leichte Aufgaben sind im Sinne der Auswertung eines Tests unbrauchbar. Allerdings sollten solche Items nicht ohne die Beurteilung der Validität einfach gelöscht werden. In der zugehörigen Stichprobe können nämlich sehr unterschiedliche Gründe vorliegen, die dazu geführt haben, dass die entsprechende Aufgabe von fast allen oder fast keinem richtig gelöst werden konnte.

In den folgenden Tabellen sind die berechneten Schwierigkeitsindizes der Fragen der vier ausgewählten Beispiele dargestellt.

Tabelle 5-6 Test Baustofflehre 2006_01_25 - Schwierigkeit und Trennschärfe

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
PV01	Karbonatisierung Betonfestigkeit	73	46	0,22
PV02	Karbonatisierung Chloridkorrosion	62	24	0,20
PV03	Karbonatisierungsgleichung	70	54	0,07
PV04	Karbonatisierungstiefe	77	69	0,21
PV05	Karbonatisierungstiefe Brücke	22	-	0,30
PV06	Phenolphthalein	34	-	0,48
PV07	Korrosionsschäden	68	58	0,22
PV08	Wassertropfenkorrosion	6	-	0,34
PV09	Faktoren Karbonatisierung	58	44	0,30
Durchschnitt		52	40	0,26

Tabelle 5-7 Test Konsistenzbestimmung - Schwierigkeit und Trennschärfe

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
EL01	Versuche zur Konsistenzbestimmung	38	-	0,53
EL02	Konsistenzbereich, -maß, -klasse	22	-	0,49
EL03	Konsistenzbereiche	46	42	0,61

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
EL04	Zuordnung der Konsistenzbereiche zu den Konsistenzklassen	42	33	0,63
EL05	Konsistenzkorrektur	70	55	0,44
EL06	3 Faktoren der Konsistenzbeeinflussung	18	-	0,48
EL07	Ausbreitversuch I	66	59	0,53
EL08	Verdichtungsversuch	59	51	0,49
EL09	Slumpversuch	21	5	0,28
EL10	Vébemaß	26	11	0,29
Durchschnitt		41	33	0,48

Tabelle 5-8 Test Temperaturverteilung in Bauteilen - Schwierigkeit und Trennschärfe

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
WB01	Luftschicht	57	43	0,51
WB02	U-Wert	89	-	0,31
WB03	Beziehung Wärme	72	58	0,32
WB04	Wärme-Widerstand	70	-	0,31
WB05	Wärmedurchlasswiderstand I	79	58	0,32
WB06	Wärmedurchlasswiderstand II	81	71	0,39
WB07	Wärmeübergangskoeffizient	64	52	0,55
WB08	Leichtbetonwand	66	-	0,53
WB09	Temperaturverlauf	67	50	0,27
WB10	Beispielrechnung Wandaufbau	36	-	0,44
Durchschnitt		68	59	0,66

Tabelle 5-9 Test Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008 - Schwierigkeit und Trennschärfe

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
EP01	Schimmelpilze	67	51	0,07
EP02	Aufsparrendämmung	69	61	0,34
EP03	Behaglichkeitsbereich	94	-	0,28
EP04	Ausführungsfehler	53	38	0,25
EP05	Jahresnutzungsgrad	47	29	0,71
EP06	Sicherheitstechnische Ausrüstung	72	63	0,57
EP07	Systembestandteile einer Zentralheizung	90	86	0,55

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
EP08	Bestandteile einer raumluft-technischen Anlage	86	81	0,41
EP09	Luftarten	45	27	0,14
EP10	Kenngrößen Sonnenstand	55	40	0,53
EP11	Kyotoprotokoll	59	39	0,47
EP12	klimaschädliche Gase	45	3	0,53
EP13	Schutzvorrichtungen in Trinkwasserspeichern	88	75	0,37
EP14	Vor-Ort-Beratung	84	79	0,33
EP15	Saugbrunnen	81	72	-0,26
EP16	Ziel des Energiepasses	83	78	0,13
EP17	Anteil Raumwärme	25	-	-0,02
EP18	KfW-60-Haus	84	79	-0,07
EP19	Anlagendimensionierung WHL	34	2	0,06
EP20	Brennstoffkostenäquivalent Definition	53	30	0,23
EP21	Einspeisevergütung nach KWKG	31	-3	0,51
EP22	Hydraulische Einbindung einer KWK-Anlage	84	77	0,26
EP23	Berechnung/Darstellung der Einspeisekosten	25	-	0,01
EP24	Kesselverluste	69	58	0,36
EP25	Verbrauchsanalyse nach VDI 3807	47	29	0,49
EP26	Oberflächentemperatur	81	75	0,45
EP27	kompletter EnEV-Nachweis – Gebäude	28	4	-0,09
EP28	Bauausführungsauftrag	36	15	0,42
EP29	Größen – Heizlastberechnung	30	12	0,23
EP30	überschlägige Bemessung	69	58	-0,13
EP31	Anteil Energie Warmwasser	25	-	0,21
EP32	Fehler Heizungsanlage	69	-	0,29
EP33	Inspektionsempfehlungen	22	-17	0,29
EP34	Wie viele Arten der Konditionierung	53	38	0,18
EP35	Optik – Größen zuordnen	37	-	0,40

Frage	Bezeichnung	Schwierigkeitsindex	Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur	Trennschärfe
EP36	Vereinfachungen Energieausweis	41	30	0,46
EP37	Gründe Witterungsbereinigung	54	43	0,19
EP38	Wasseraufnahmekoeffizient Baustoffe	55	-	0,35
Durchschnitt		57	46	0,28

Es zeigt sich, dass der Schwierigkeitsindex mit Zufallskorrektur teilweise negative Werte annimmt, was bei verhältnismäßig schweren Aufgaben rechnerisch auch möglich ist. Allerdings ist der Schwierigkeitsindex für negative Werte nicht definiert.

Insgesamt ist festzustellen, dass bei allen Tests Aufgaben mit mittlerer Schwierigkeit dominieren. Die Lernkontrolle des Anwendungsfalls Weiterbildung wirkt in diesem Zusammenhang relativ leicht (durchschnittlicher Schwierigkeitsindex: 68). Dies hat damit zu tun, dass dieser Test von den Weiterbildungsteilnehmern bestanden werden muss und viele Probanden deswegen den Test hoch motiviert und ausführlich bearbeiten. Außerdem ist keine Zeitbegrenzung bei diesem Test vorgesehen. Anhand der Verteilungskurve aus Abbildung 5-18 erkennt man, dass viele Probanden die volle Punktzahl erreicht haben.

Auf einzelne Items, die hinsichtlich der Schwierigkeit Auffälligkeiten zeigen, wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

5.8.4 Trennschärfe

Für die Berechnung der Trennschärfe wurde das Verfahren der part-whole-korrigierten Pearson-Korrelation gewählt (siehe Abschnitt 3.2.3.7), bei dem die Abkürzung der Trennschärfe $r_{j(t-j)}$ ist. Es gilt: r_{itc} entspricht $r_{j(t-j)}$. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 5-6 bis 5-9 aufgeführt.

Im Rahmen der Analyse sind die Ergebnisse für Schwierigkeit und Trennschärfe in einem Diagramm aufzutragen (vgl. Abbildungen 5-19 bis 5-22), da man dann auffällige Items auf einfache Art und Weise identifizieren kann.

Auffällig sind Items, wenn mindestens eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- negative Trennschärfe
- $0 < r_{itc} < 0,3$ (Items mit geringer Trennschärfe) UND $20 < P < 80$
- $P < 20$ (sehr schwere Items) UND $r_{itc} > 0,3$
- $P > 80$ (sehr leichte Items) UND $r_{itc} > 0,3$

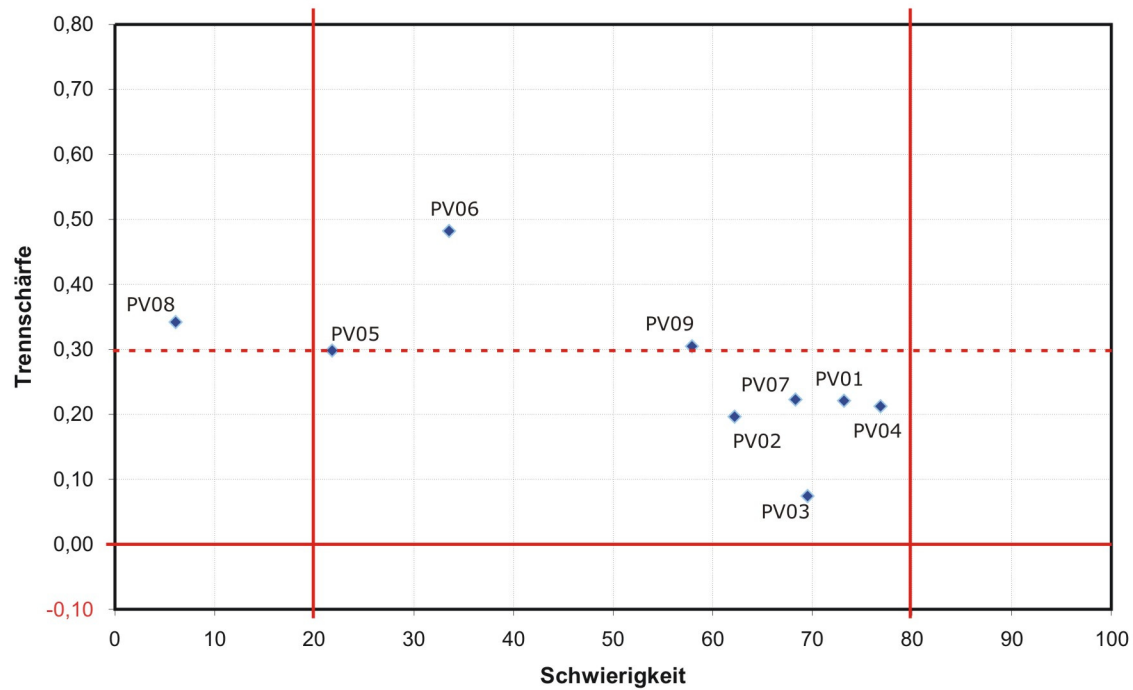


Abbildung 5-19 Test Baustofflehre 2006_01_25 (Präsenzveranstaltung) - Schwierigkeit-Trennschärfe-Diagramm

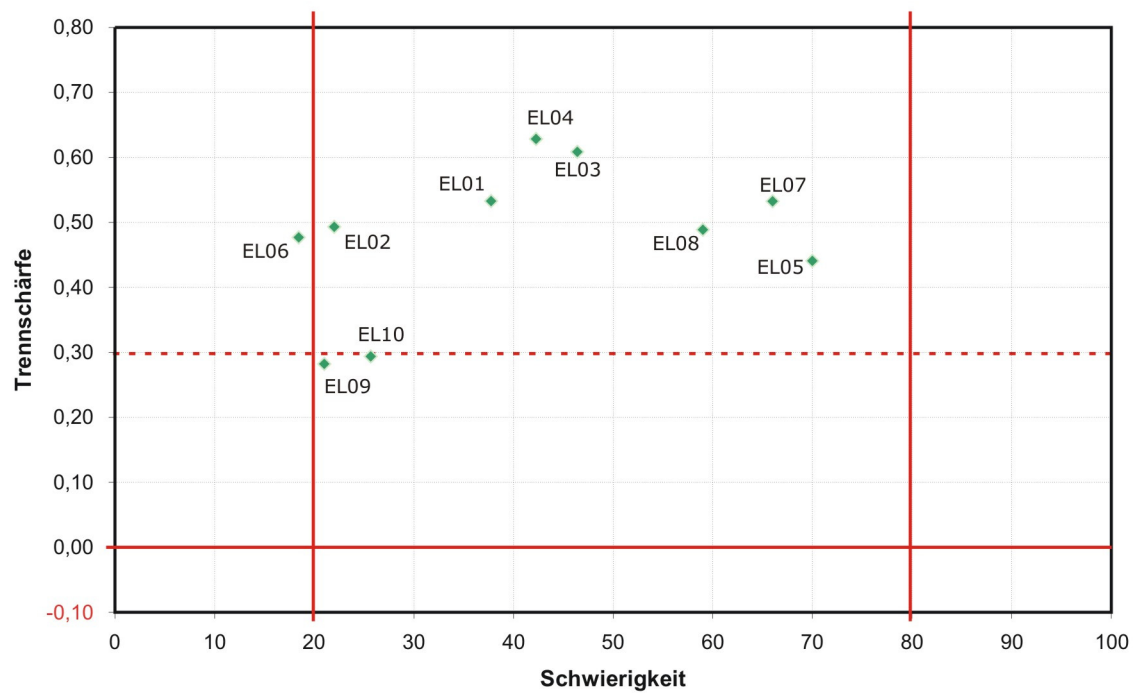


Abbildung 5-20 Test Konsistenzbestimmung (E-Learning / Blended Learning) - Schwierigkeit-Trennschärfe-Diagramm

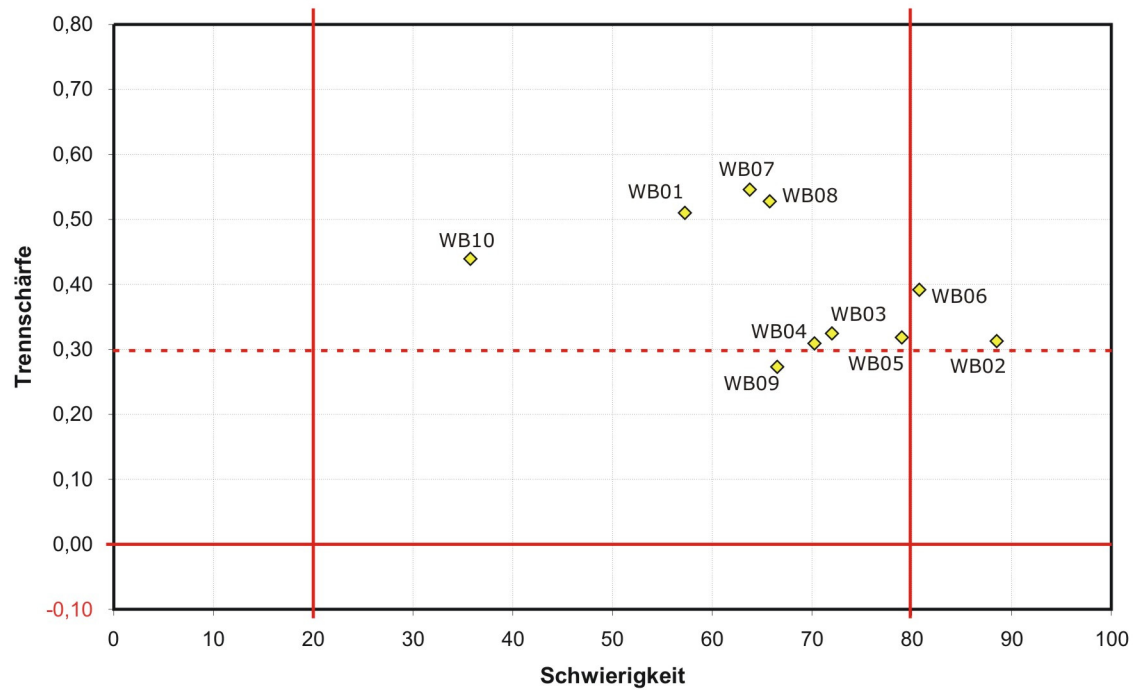


Abbildung 5-21 Test Temperaturverteilung in Bauteilen (Weiterbildung) - Schwierigkeit-Trennschärfe-Diagramm

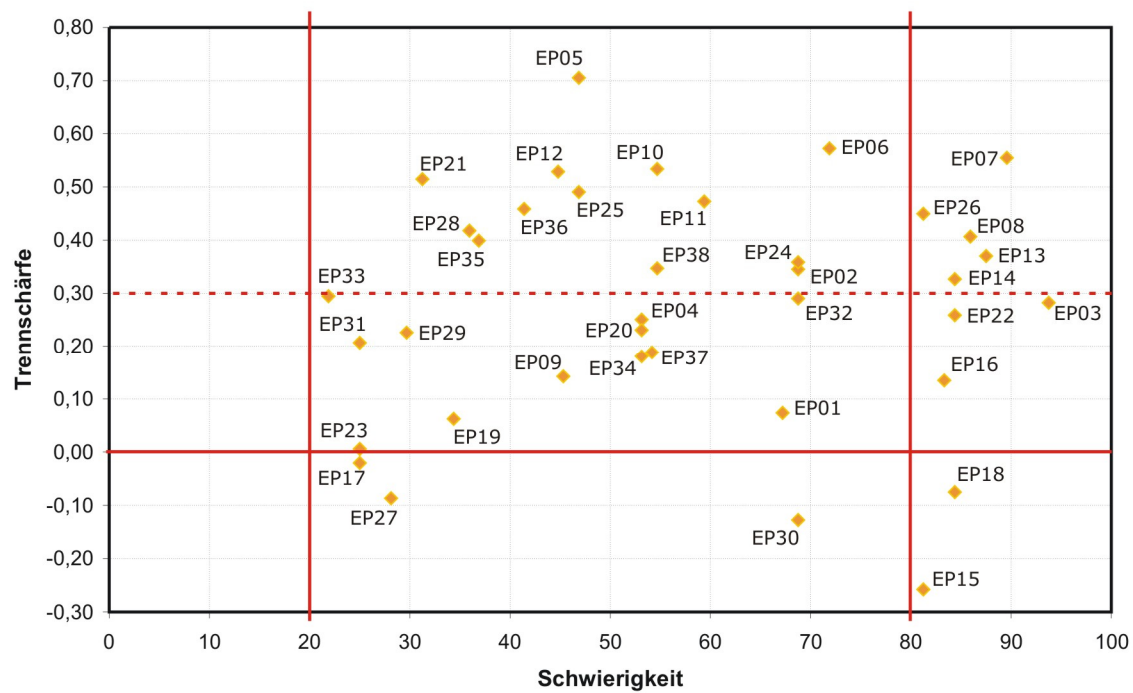


Abbildung 5-22 E-Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008 - Schwierigkeit-Trennschärfe-Diagramm

Die auffälligen Items der hier untersuchten Tests sind in Tabelle 5-10 zusammengefasst.

Solche Items müssen genauer untersucht und gegebenenfalls modifiziert oder gelöscht werden. Zuvor sollten aber noch die Reliabilität des Tests und deren Veränderung durch die Streichung eines Items aus dem jeweiligen Test untersucht werden. Ferner müssen die inhaltliche Validität und die Objektivität berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Findung der Testendform wird auf die auffälligen Items noch genauer eingegangen.

Tabelle 5-10 Auffällige Items hinsichtlich Schwierigkeit und Trennschärfe

Anwendungsfall	Testname	$r_{itc} < 0$	$0 < r_{itc} < 0,3$ und $20 < P < 80$	$P < 20$ und $r_{itc} > 0,3$	$P > 80$ und $r_{itc} > 0,3$
Präsenz- veranstaltung	Baustofflehre 2006_01_25	-	PV03 u.a.	PV08	-
E-Learning / Blen- ded Learning	Konsistenz- bestimmung	-	EL09 EL10	EL06	-
Weiterbildung	Temperaturverteilung in Bauteilen	-	WB09	-	WB02 WB06
E-Prüfung	Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008	EP15 EP17 EP18 EP27 EP30	viele	-	EP08 EP08 EP13 EP14 EP26

5.8.5 Reliabilität

Zur Bestimmung der Messgenauigkeit von Tests steht eine Reihe von Schätzmethoden zur Verfügung. Bei Lernkontrollen, d.h. bei allen kriteriumsorientierten Tests empfiehlt, sich die Anwendung der Konsistenzanalyse, bei der der Test in so viele Teile wie vorhandene Items zerlegt wird. Der zugehörige Konsistenzkoeffizient kann auf unterschiedliche Art und Weise bestimmt werden. Für die Analyse der modellkonformen Lernkontrollen hat sich die Standardmethode mit dem Cronbachs- α -Koeffizienten als geeignet erwiesen.

Die Werte für den Konsistenzkoeffizient bewegen sich im Wertebereich von 0 bis 1, wobei der Wert 1 für einen Test mit optimaler Reliabilität steht.

$$\text{Cronbachs-}\alpha = \frac{c}{c-1} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^j S_i^2}{S_x^2} \right) \quad [\text{BÜHN 2006, S.132}]$$

mit:

S_i^2 = Varianz der Testitems/Testteile

S_x^2 = Varianz des Gesamtwerts der Skala

c = Anzahl der Testitems/Testteile

Cronbachs- α basiert auf Kovarianzen, was im Falle sehr unterschiedlicher Itemvarianzen, die bei Lernkontrollen eigentlich immer anzutreffen sind, zu unterschätzten Werten für die Reliabilität führt. Um diesen mindernden Effekt auszugleichen, muss man zunächst alle Items auf eine z-Skala standardisieren und anschließend den Cronbachs- α -Koeffizienten neu berechnen. Man spricht in diesem Zusammenhang dann vom Cronbachs- α -Koeffizienten für standardisierte Items.

Tabelle 5-11 Reliabilität - Koeffizienten bei den Beispielen der Anwendungsfälle

Anwendungsfall	Testname	Cronbachs- α	Cronbachs- α für standardisierte Items
Präsenzveranstaltung	Baustofflehre 2006_01_25	0,46	0,59
E-Learning / Blended Learning	Konsistenzbestimmung	0,76	0,81
Weiterbildung	Temperaturverteilung in Bauteilen	0,67	0,75
E-Prüfung	Prüfung Fachplaner Frühjahr 2008	0,79	0,80

Bei den Modellanwendungen E-Learning / Blended Learning und bei der E-Prüfung weisen die Testbeispiele eine mittlere Reliabilität auf. Auch der Weiterbildungstest fällt dem gegenüber nicht erheblich ab, wie Tabelle 5-11 zeigt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch standardisierte Tests, für die die Fisseni-Skala (siehe Tabelle 5-4) ursprünglich erstellt wurde, häufig auch nur mittlere Werte für die Reliabilität haben. Der Tests „Baustofflehre 2006_01_25“ hat eine sehr geringe Reliabilität, was im Sinne des Modells aber kein Problem darstellt, da insbesondere bei diesem (informellen) Test die Selbstkontrolle im Vordergrund steht und hierbei vor allem Wert auf einzelne Wissenslücken gelegt wird und das Test-Gesamtergebnis weniger Bedeutung hat. Der relativ geringe Wert kann natürlich auch begründet werden. Generell weisen sehr kurze Tests immer eine geringe Reliabilität auf und im

besonderen Fall konnte eine wesentliche Frage des Tests (PV05) von sehr vielen Studenten nicht gelöst werden (siehe auch Abbildung 5-19).

Die Reliabilität eines Tests kann durch die Streichung einzelner „schlechter“ Items verbessert (aber auch verschlechtert) werden, denn jedes Item hat einen Einfluss auf die Reliabilität und damit auf die Güte des Tests. Dazu wird für jedes einzelne Item der vier Beispiele der Cronbachs- α -Koeffizient neu bestimmt, der sich dann ergibt, wenn das entsprechende Item aus dem jeweiligen Test gelöscht wird. In Abbildung 5-23 erkennt man, dass, wenn man zum Beispiel beim Anwendungsfall Präsenzveranstaltung das Item PV05 aus dem Test streichen würde, der Cronbachs- α -Koeffizient für den Test den Wert 0,52 annimmt. Gegenüber dem ursprünglichen Wert für diesen Test (0,46) ergäbe sich durch die Streichung somit eine deutliche Verbesserung der Reliabilität. Da der Test aber nur neun Items beinhaltet, wird auf die Streichung zunächst verzichtet und das entsprechende Item wird im Folgenden, im Rahmen der Bestimmung der Testendform (siehe Abschnitt 5.8.10), untersucht und gegebenenfalls modifiziert. Bei den anderen Anwendungsfällen würde eine Streichung eines Items zu keiner nennenswerten Verbesserung der Reliabilität führen.

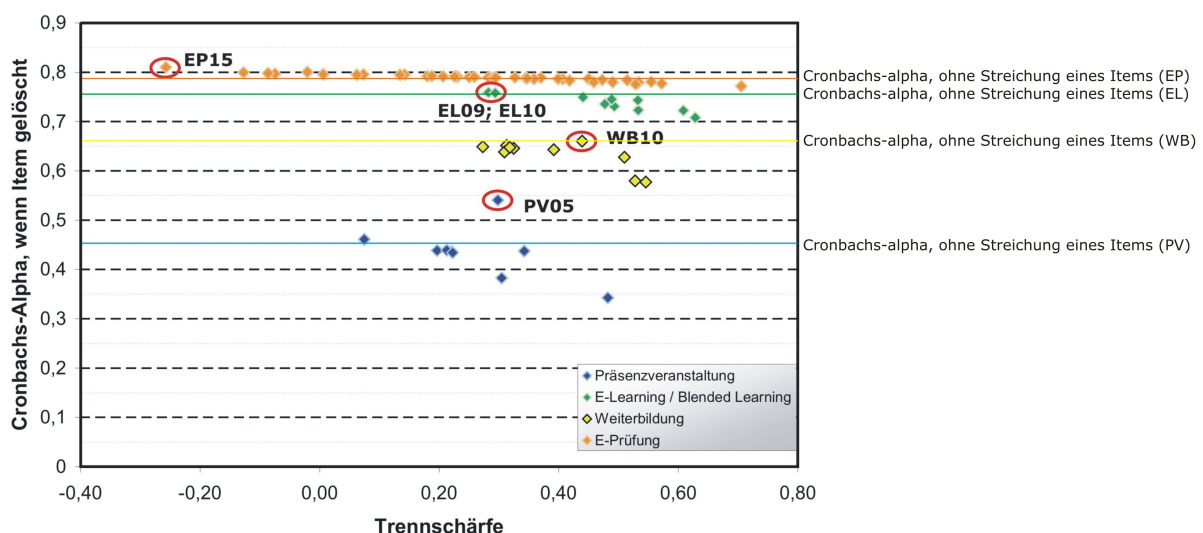


Abbildung 5-23 Einfluss der Streichung einzelner Items auf die Reliabilität des jeweiligen Tests

Eine andere Möglichkeit zur Verbesserung der Reliabilität besteht durch die Verlängerung des Tests mit zusätzlichen Items, wie in Abschnitt 3.2.3.3 bereits dargelegt wurde.

5.8.6 Validität

Mit Hilfe der Validität wird überprüft, ob der Test auch wirklich das misst, was er messen soll. Es nützt wenig, wenn man einerseits feststellt, dass die meistens Lerner ein gutes Testergebnis erzielt haben und man glaubt, dass alles bestens ist, aber andererseits die zugehörigen Testfragen gar nicht geeignet waren, eine entsprechende Wertung vorzunehmen.

Bei standardisierten Tests empfiehlt es sich, die Validität zu berechnen. Bei kriteriumsorientierten Tests, wie zum Beispiel Lernkontrollen, führt die Berechnung der Validität in der

Regel zu unbefriedigenden Ergebnissen, das heißt, zu äußerst geringen Werten für die Validität. Trotzdem sollte man nicht auf das Gütekriterium Validität verzichten. Bei den modellkonformen Lernkontrollen ist deshalb die inhaltliche Validität, die auch als Augenscheinvalidität bezeichnet wird, zu prüfen.

Dazu sind folgende Schritte durchzuführen. Zu Beginn sollte überprüft werden, ob von der Stichprobe auf das Verhalten der Gesamtheit geschlossen werden kann (repräsentative Stichprobe), denn dies ist eine Grundvoraussetzung für eine hohe Validität. Das heißt, dass geklärt werden muss, ob die Personen, die den Test bislang bearbeitet haben, zu der Personengruppe gehören, für die der Test angeboten werden soll. Wenn zum Beispiel ein WiBA-Net[®]-Test aus irgendwelchen Gründen auch Weiterbildungsteilnehmern angeboten wird, dann dürfen deren Ergebnisse keinen Einfluss auf die Validität haben. Im nächsten Schritt ist das Lernziel genauer zu betrachten und im Sinne der Bloomschen Taxonomieebenen aufzuschlüsseln, wie in Tabelle 5-12 dargestellt ist. Danach wird untersucht, ob die vorhandenen Testfragen (augenscheinlich) repräsentativ für den vorhandenen Lehrstoff bzw. das Lernziel sind. Nebenbei ist auch zu prüfen, ob das definierte Lernziel mit dem vermittelten Lehrstoff überhaupt in Einklang steht. Bei der Analyse der modellkonformen Lernkontrollen hat sich nämlich gezeigt, dass bei manchen Lehrpfaden zwar eine inhaltliche Aktualisierung stattgefunden hat, jedoch das zugehörige Lernziel nicht entsprechend modifiziert wurde.

Das Vorgehen soll am Beispiel des Lehrpfades Konsistenzbestimmung gezeigt werden:

Zunächst ist festzuhalten, dass der Lehrpfad Konsistenzbestimmung ausschließlich über das WiBA-Net[®] publiziert wurde und somit die Stichprobe die Grundgesamtheit der Bauingenieur- und Architekturstudenten gut repräsentiert.

Das Lernziel des Lehrpfades lautet:

In diesem Lehrpfad lernen Sie zunächst die Bedeutung der Begriffe Konsistenzbereiche, Konsistenzklassen und Konsistenzmaße kennen. Die Einflüsse auf die Konsistenz von Frischbeton werden erläutert. Außerdem wird Ihnen beigebracht, wie Sie mit Hilfe von Versuchen die Konsistenz von Frischbeton bestimmen können und wie diese Versuche durchzuführen sind. Ferner werden Ihnen die Anforderungen an die Frischbetonkonsistenz hinsichtlich der verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten dargelegt.

Lernziel und Lehrpfadinhalte stimmen in diesem Fall gut überein. Für die Analyse ist das Lernziel in seine einzelnen Komponenten aufzugliedern. Bei den entsprechenden Testfragen wird nun untersucht, zu welcher Bloomschen Taxonomieebene und zu welcher Lernzielkomponente sie gehören. Das Ergebnis ist in Tabelle 5-12 eingearbeitet.

Tabelle 5-12 Lernziel-Testfragen-Matrix für den Lehrpfad Konsistenzbestimmung.

Lernziel-komponente	Wissen	Verstehen	Anwendung	Analyse	Synthese	Bewertung
Begrifflichkeiten zur Konsistenz verstehen	EL03	EL02 EL04				
Einflüsse auf Konsistenz	EL06			<u>EL05</u>		
Versuche kennen und anwenden	EL01		EL07 EL08 EL09 EL10			
Anwendungsmöglichkeiten kennen	-					

Im vorliegenden Fall erkennt man, dass die Lernzielkomponenten durch die Testfragen gut repräsentiert werden. Allerdings gibt es keine Testfrage zu den „Anwendungsmöglichkeiten“, was einen Mangel darstellt. Zur Lernzielkomponente „Einflüsse auf Konsistenz“ existiert eine Frage auf einer höheren Taxonomieebene als durch das Lernziel vorgesehen (EL05). In diesem Fall könnte man nun das Lernziel entsprechend anpassen. Insgesamt besitzt der Test Konsistenzbestimmung eine gute Validität.

Beim Anwendungsfall Weiterbildung sind ebenfalls entsprechende Lernziele vorhanden, so dass hierbei analog vorgegangen werden kann. Beim Beispiel „Temperaturverteilung in Bauteilen“ ist die Validität sogar mit sehr gut zu bewerten.

Die Tests zu den Präsenzveranstaltungen entstehen in der Regel parallel zur Vorlesung, wobei wichtige Aussagen unmittelbar in eine Testfrage überführt werden. Daher ist bei allen zugehörigen Lernkontrollen die Validität sehr gut.

Bei E-Prüfungen besteht häufig das Problem, dass ein detailliert dargelegtes Lernziel gar nicht formuliert und die Testfragen von dem oder den Dozenten eher „aus dem Bauch heraus“ konstruiert wurden. Die Überprüfung der Validität kann deshalb auch nur von den entsprechenden Dozenten vorgenommen werden. Im Falle des Beispiels E-Prüfung ist die Validität augenscheinlich gut. Allerdings kritisierte ein Proband nach der Durchführung einer anderen E-Prüfung, dass bei einer Frage der zugehörige Lernstoff überhaupt nicht vermittelt wurde, d.h. für diese Frage wurde auch kein Lernziel definiert. Solche Fehler haben einen großen negativen Einfluss auf die Validität des Tests.

5.8.7 Objektivität

Die Objektivität ist bei computergestützten Lernkontrollen stets sehr gut, da der Computer, im Gegensatz zu manchen menschlichen Prüfern, nicht subjektiv beeinflussbar ist. Die vier

Beispiele zu den Anwendungsfällen sind trotzdem hinsichtlich der drei Arten der Objektivität zu untersuchen.

Bei der Durchführungsobjektivität ist zu beachten, dass stets alle Probanden die gleiche Einführung zum jeweiligen Test erhalten. Bei reinen E-Learning-Lernkontrollen ist dies immer gegeben.

Bei der Modellanwendung Präsenzveranstaltung ist zu beachten, dass die Probanden, die in der jeweiligen Vorlesung anwesend waren, auch Hinweise zur Durchführung der zugehörigen Tests erhalten haben. Den Probanden, die nicht an der Vorlesung teilnehmen konnten, blieb diese Zusatzinformation verwehrt, so dass diese tendenziell schlechter abschneiden müssten.

Computergestützte Lernkontrollen haben hinsichtlich der Durchführungsobjektivität auch einen Nachteil gegenüber den Papier-und-Bleistif-Tests, denn sowohl die Prüfungsumgebung als auch die technische Ausstattung bei den Probanden variiert häufig stark. Beispielsweise hatten bei einer E-Prüfung im Frühjahr 2007 einige Probanden eine funktionsgestörte Computermouse, wegen der die Bearbeitung des Tests fast unmöglich wurde. In solchen Fällen kann von keiner guten Durchführungsobjektivität mehr gesprochen werden. Bei dem Beispiel konnte das Problem durch das schnelle Heranschaffen von neuen Mäusen kurzfristig gelöst werden.

Die Auswertungsobjektivität ist bei computergestützten Lernkontrollen nahezu optimal, da die Auswertungskriterien vorab zu definieren sind, zumindest dann, wenn ausschließlich gebundene Antwortformen anzutreffen sind. Bei offenen Antwortformen können die Auswertungskriterien zwar auch global bestimmt werden, die entsprechenden Auswerter bleiben aber in aller Regel menschlich, so dass es zu Unterschieden in der Bewertung kommen kann.

Die Interpretationsobjektivität ist bei den computergestützten Lernkontrollen ausnahmslos gut, da die Interpretation der Ergebnisse der Computer nach den vorgegebenen Bedingungen aus der Normierung übernimmt. Bei der klassischen Papier-und-Bleistift-Methode entsteht gelegentlich ein typischer Fehler, indem sich der Prüfer bei der Aufsummierung der Punkte vertut, was nicht selten dazu führt, dass nach dem Erkennen des Fehlers die Zensur nachträglich geändert werden muss. Computer machen solche Fehler nicht, vorausgesetzt die Bewertungskriterien wurden fehlerfrei definiert.

5.8.8 Feedback

Wie bereits in Abschnitt 3.2.8 ausgeführt, ist die wirksamste Feedbackform die Darbietung eines korrekten Lösungsvorschlags. Der Aufwand eines präzisen fehlerorientierten Feedbacks ist groß und mit kaum mehr Nutzen verbunden. Hinsichtlich der Ziele der Lernkontrollen, Selbsteinschätzung und Lernsteuerung, muss die Anzeige der Musterlösung stets unmittelbar nach der Bearbeitung der Lernkontrolle erfolgen. Einige Autoren des WiBA-Net[®] waren allerdings der Meinung, dass es für eine nicht bearbeitete Aufgaben auch keine Musterlösung geben soll. Dies hatte nun zur Folge, dass manche Lerner, die zwar keine Motivation zur Bearbeitung des Tests hatten, dennoch die Musterlösungen sehen wollten, die entsprechende

Lernkontrolle zunächst wie gewohnt sofort mit Hilfe des Buttons „Auswerten“ beendeten. Da ihnen nun aber die Anzeige der Musterlösung verwehrt blieb, starteten sie den Test einfach erneut und klickten in Windeseile irgendwelche Wahlmöglichkeiten an und erhielten somit im Anschluss doch die Musterlösung. Dieses Vorgehen ist ziemlich häufig aus den Datensätzen herauszulesen. Neben dem Effekt, dass solche Datensätze vor der Analyse der Tests entfernt werden müssen, hat diese zunächst gut gemeinte Reglementierung quasi keinen praktischen Sinn.

Neben der Darbietung der Musterlösungen, sind bei allen Fragen noch ein paar bewertende Worte aufgeführt, die dem Lerner eine schnelle Einschätzung seiner Leistung geben sollen. Unterschieden werden dabei folgende Fälle:

- a) optimale Lösung
- b) teilweise richtige Lösung
- c) vollständig falsche Lösung
- d) nicht beantwortet

Beim Fall a) wird der Lerner gelobt, was einen motivierenden Effekt nach sich ziehen soll. Bei teilweise richtigen Lösungen (Fall b)) wird herausgestellt, dass die Aufgabe nicht fehlerfrei bearbeitet wurde. Der entsprechende Fehler wird zumindest genannt und gelegentlich auch erläutert, insbesondere dann, wenn es sich um einen Fehler handelt, der bei den Antwortmöglichkeiten ergänzt wurde, um die Lerner auf eine falsche Fährte zu locken. Bei den Fällen c) und d) wird in der Regel lediglich die Musterlösung angezeigt. Auf stereotypes Tadeln wird verzichtet.

Bei E-Prüfungen wird das Feedback zwar auch dargestellt, es hat sich aber gezeigt, dass, unmittelbar nach der absolvierten Prüfung, sich eigentlich niemand mehr für die korrekte Lösung interessiert.

Für die Gesamtleistung beim Test wird ein zusätzliches Feedback angezeigt. Einerseits werden die erzielte Punktzahl und die mögliche Gesamtpunktzahl dargeboten, andererseits wird das jeweilige Ergebnis in eine der drei folgenden Kategorien eingeteilt:

- Sie haben eine sehr gute Leistung erzielt.
- Sie haben eine durchschnittliche Leistung erzielt.
- Sie haben eine unterdurchschnittliche Leistung erzielt. (Unterhalb des Cut-Off-Wertes)

Auch hier bilden die E-Prüfungen eine Ausnahme, da dabei die Normierungen von den verantwortlichen Prüfungskommissionen vorgenommen werden.

5.8.9 Distraktorenanalyse

Bislang wurden im Rahmen der Analyse nur die richtigen Wahlmöglichkeiten (Attraktoren) berücksichtigt. Bei einer guten Testaufgabe ist zudem erforderlich, dass alle Distraktoren

plausibel sind. Im Rahmen der Distraktorenanalyse wird untersucht, wie häufig die einzelnen Distraktoren ausgewählt wurden und ob sich dabei Auffälligkeiten ergeben. Distraktoren, die sehr oft oder selten ausgewählt werden, sind somit inhaltlich zu prüfen und gegebenenfalls zu modifizieren, auszutauschen oder zu streichen. Diese Analyse kann freilich nur bei Fragen mit gebundenen Aufgabenformaten durchgeführt werden. Bei den fast 2000 Fragen führte die Distraktorenanalyse in nur 15 Fällen zu einer Streichung oder Modifizierung eines Distraktors.

Auch beim folgenden Beispiel (Lehrpfad Temperaturverteilung in Bauteilen) sind Distraktoren bei zwei Testfragen auffällig, wie die Tabelle 5-13 zeigt.

Tabelle 5-13 Distraktorenanalyse beim Lehrpfad Temperaturverteilung in Bauteilen

Frage	Bezeichnung	Distraktoren	Häufigkeit	auffällig
WB01	Luftschicht	falsch1	71	
		falsch2	32	
		falsch3	21	
WB02	U-Wert	keine Distraktoren		
WB03	Beziehung Wärme	falsch1	74	
		falsch2	15	!
WB04	Wärme-Widerstand	nur ein Distraktor		
WB05	Wärmedurchlasswiderstand I	nur ein Distraktor		
WB06	Wärmedurchlasswiderstand II	falsch1	66	
		falsch2	45	
WB07	Wärmeübergangskoeffizient	keine Distraktoren		
WB08	Leichtbetonwand	keine Distraktoren		
WB09	Temperaturverlauf	falsch1	44	
		falsch2	6	!
WB10	Beispielrechnung Wandaufbau	keine Distraktoren		

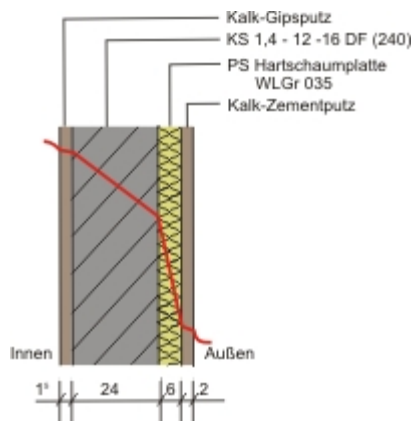
Bei genauerer Betrachtung der betreffenden Distraktoren zeigt sich aber, dass keine Änderung notwendig ist. Bei der Frage WB03 wird nach dem prinzipiellen Zusammenhang zwischen Wärmedurchlass, Wärmeübergang und Wärmedurchgang gefragt. Die beiden falschen Wahlmöglichkeiten sind:

1. Wärmedurchlass = Wärmeübergang + Wärmedurchgang
2. Wärmeübergang = Wärmedurchlass + Wärmedurchgang

Zwar wurde die erste Wahlmöglichkeit fast dreimal häufiger angekreuzt, ein Grund ist dafür aber nicht erkennbar, so dass die Frage nicht verändert wird.

Ähnlich verhält es sich bei der Frage WB09, bei der nach einem korrekt dargestellten Temperaturverlauf in einer Wand gefragt wird. Die beiden falschen Wahlmöglichkeiten sind in Abbildung 5-24 dargestellt:

1.



2.

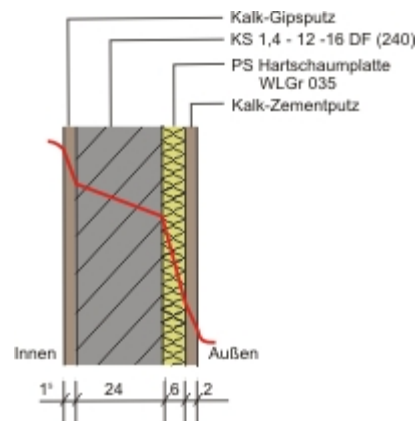


Abbildung 5-24 Distraktoren bei Frage WB09

Seltsamerweise wurde die erste Wahlmöglichkeit etwa siebenmal häufiger ausgewählt. Auch in diesem Fall bleibt der Grund im Dunkeln, so dass die Aufgabe nicht verändert wird.

5.8.10 Testendform

Für die Erstellung der Endformen der modellkonformen Lernkontrollen sind die vorgegangenen Analysen zu berücksichtigen. Es gilt der Grundsatz, dass alle auffälligen Items betrachtet werden müssen und dass diese bei zusätzlich schlechter Validität auch modifiziert oder gestrichen werden sollten. Durch die Berechnung der Schwierigkeit kann die Reihung der Items positiv verändert werden. Jeder Test sollte mit einfachen Aufgaben starten, damit eine positiv wirkende Emotion beim Lerner entstehen kann.

Anwendungsfall Präsenzveranstaltung:

Beim Testbeispiel zur Präsenzveranstaltung fallen zwei Items auf. PV03 durch seine geringe Trennschärfe und PV05 durch seine hohe Schwierigkeit und den hohen Einfluss auf die Reliabilität. Bei PV03 wird nach der korrekten chemischen Summenformel für die Karbonatisierung gefragt. Diese Frage wurde von etwa zwei Drittel der Probanden korrekt beantwortet. Seltsamerweise konnten diese Frage relativ viele, verhältnismäßig schlechte Probanden korrekt lösen. Da die inhaltliche Validität gegeben ist, bleibt das Item in gleicher unveränderter Weise erhalten. Das Item PV08 fragt nach den Karbonatisierungstiefen an den verschiedenen Stellen einer Straßenbrücke aus Beton. Das zugehörige Bild ist in der Abbildung 5-25 dargestellt.

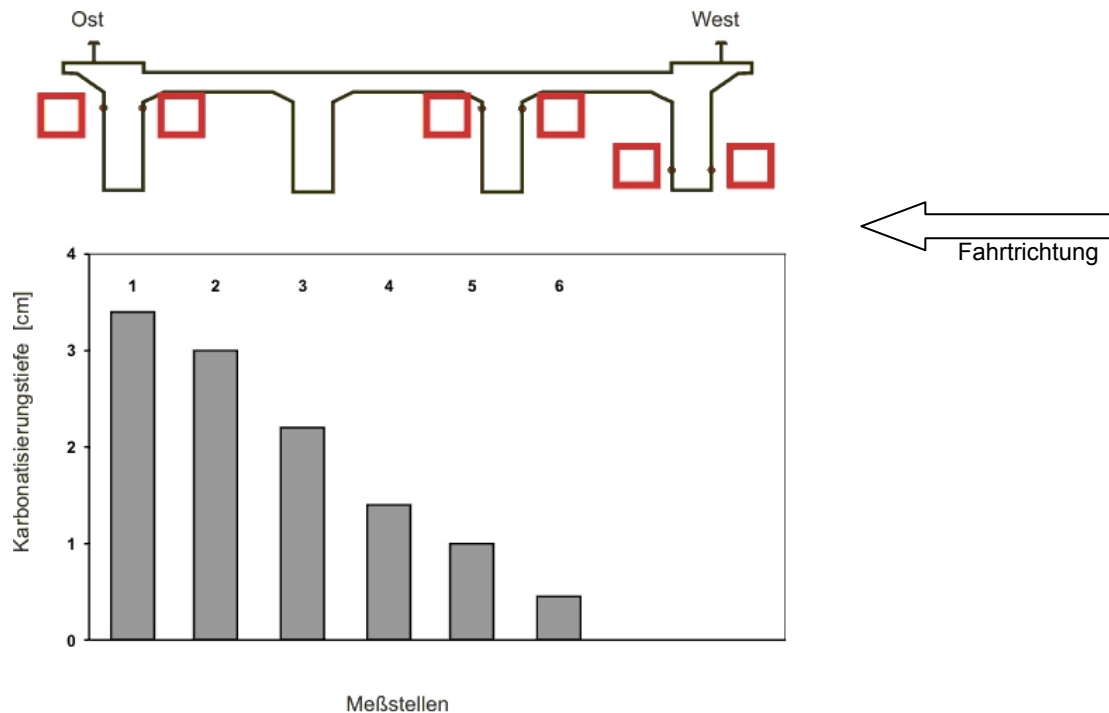


Abbildung 5-25 Item PV05 - Teil der Aufgabenstellung

Obwohl die Aufgabe in identischer Form in der zugehörigen Vorlesung durchgenommen wurde, konnten lediglich fünf Prozent der Studenten die Aufgabe vollständig richtig lösen. Mehr als ein Drittel der Probanden erzielte keinen einzigen der möglichen sechs Punkte. Offensichtlich hat die Mehrheit der Studenten das Prinzip der Karbonatisierung und die zugehörigen Einflüsse nicht verstanden. Daraus ergäbe sich nun ein klassischer Fall für eine Lernsteuerung. Der Dozent könnte geeignete Maßnahmen für die Aktionsphase vornehmen und zum Beispiel eine Wiederholung dieser Aufgabe in der folgenden Vorlesung vorsehen. Da diese Aufgabe aber auch sehr inhaltsvalide ist, bleibt sie dem Test erhalten. Im Übrigen ist die Qualität der Lernkontrollen zur Präsenzveranstaltung nicht ausschließlich über die Gütekriterien zu definieren. Viel wichtiger ist in diesem Zusammenhang, dass die Lernkontrollen auf einfache Art und Weise, ohne großen Aufwand, schnell und somit effizient erstellt werden können. Diese Lernkontrollen sind deshalb dem Rapid Learning zuzuschreiben.

Anwendungsfall E-Learning / Blended Learning:

Beim Test zum Lehrpfad Konsistenzbestimmung sind drei Items auffällig, allerdings liegen die zugehörigen Werte nur sehr knapp unterhalb der entsprechenden Grenzen. Die Items EL09 und EL10 müssen auf Grund ihrer etwas zu geringen Trennschärfe untersucht werden. Dabei handelt es sich um Fragen zu den Versuchen zur Bestimmung von Slump- und Vébémaß, die im Lehrpfad ausführlich erläutert werden, so dass keine Streichung notwendig erscheint. Die Frage EL06 ist zwar relativ schwierig, was wahrscheinlich daran liegt, dass es sich um eine Lückentextfrage (offenes Antwortformat) handelt, ist jedoch inhaltsvalide und bleibt somit auch erhalten.

Anwendungsfall Weiterbildung:

Beim Beispiel zur Weiterbildung fallen vier Items auf. Die Fragen WB02 und WB06 weisen beide einen Schwierigkeitsindex von ca. 80 auf und sind somit erwartungsgemäß auch nicht sehr trennscharf. Da der Test nur aus zehn Fragen besteht, ist die Streichung der Fragen nicht zu empfehlen: Bei beiden Fragen handelt es sich um Richtig-Falsch-Aufgaben, die durch eine Modifizierung und Ergänzung weiterer Wahlmöglichkeiten schwieriger und damit auch besser gemacht werden könnten. Das Item WB09 wurde bereits in Rahmen der Distraktorenanalyse untersucht und fällt nun erneut wegen seiner geringen Trennschärfe auf. Da die Frage eine wichtige Komponente des Lernziels auf der Taxonomieebene Synthese prüft und damit auch sehr inhaltsvalide ist, bleibt sie erhalten. Bei Item WB10 handelt es sich um eine Berechnungsaufgabe und um die schwerste Aufgabe des Tests. Auffällig ist lediglich die potentielle leichte Erhöhung der Reliabilität bei Streichung des Items, was aber nicht vollzogen wird, da die Inhaltsvalidität auch hier gegeben ist.

Anwendungsfall E-Prüfung:

Bei der E-Prüfung sind im Rahmen der Analyse viele Items auffällig geworden. Fünf Items haben P-Werte für die Schwierigkeit von zum Teil deutlich über 80 und trotzdem eine gute Trennschärfe. Da alle diese Fragen inhaltsvalide sind, sollten sie in der Testendform erhalten bleiben und darin als Eisbrecher zu Beginn erscheinen. Bei dem Item EP03 fällt auf, dass 94 Prozent der Probanden die Aufgabe richtig lösen konnten. Bei der Aufgabe handelt es sich um eine Drag'n'Drop-Aufgabe, bei der der so genannte Behaglichkeitsbereich richtig bestimmt werden muss. Dabei waren bislang enorme Toleranzen erlaubt, die für die Testendform nun stark reduziert wurden. Bei diesem Test fällt besonders negativ auf, dass fünf Items eine negative Trennschärfe aufweisen. Item EP18 ist offensichtlich auch sehr einfach, da es sich um eine Frage handelt, die eigentlich jeder in der Probandengruppe beantworten können müsste. Bei dieser Frage könnte der Einbau einer zusätzlichen Schwierigkeit die Wertigkeit der Aufgabe verbessern. Bei Item EP15 muss lediglich zwischen zwei Wahlmöglichkeiten unterschieden werden. Auch in diesem Fall könnte eine Erhöhung der Schwierigkeit, zum Beispiel durch die Ergänzung zusätzlicher Wahlmöglichkeiten, die Aufgabe verbessern. Bei Aufgabe EP27 handelt es sich um eine sehr inhaltsvalide Aufgabe, bei der das Ergebnis vor allem wegen der hohen Schwierigkeit sehr verwundert. In diesem Fall ist eher zu hinterfragen, warum ein Gros der Teilnehmer die Aufgabe nicht beantworten konnte. Als Abhilfe müsste vielmehr die zugehörige Vermittlungseinheit angepasst werden. Die Fragen EP17 und EP30 sind ungenügend valide und sind zu streichen bzw. durch zwei neue Fragen zu ersetzen. Durch EP30 offenbart sich leider ein zusätzliches inhaltliches Problem. Zwar wurde der Inhalt zu EP30 nicht bei den Instruktionsphasen vermittelt, jedoch handelt es sich hierbei um eine Frage, die mit reinem Ingenieursachverstand gelöst werden kann, was im konkreten Fall auch 69 Prozent der Probanden gelang. Die negative Trennschärfe definiert nun, dass diese Frage besser von den schlechteren Prüfungsteilnehmern beantwortet werden konnte. Das bedeutet, dass ein guter Ingenieursachverstand nicht zwingend zu einem guten Ergebnis bei der Prüfung Fachplaner Energieeffizienz führt.

5.9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Die Wirtschaftlichkeit soll mit einer Kosten-Nutzen-Analyse bestimmt werden, bei der geprüft wird, ob das Ergebnis bzw. der Nutzen den Aufwand rechtfertigt.

Zunächst wird die Kostenseite betrachtet. Die Produktion von didaktisch hochwertigem E-Learning ist aufwändig und damit teuer. Laut einer Studie des Beratungsunternehmens Cap Gemini kostet eine hochwertige Umsetzung einer einzigen Lehrstunde ca. 50.000 € und es werden zusätzlich 30 Mann-Wochen veranschlagt [JÄGE 2003]. Diese horrende Summe erscheint viel zu hoch gegriffen. Aus eigener Erfahrung benötigt man für die Erstellung von einer Stunde hochwertigem E-Learning, unter der Voraussetzung, dass Lernplattform, mediale Werkzeuge und Software sowie Fachwissen vorhanden sind, ca. 20 bis 100 Stunden. Bei komplexen Themen und durch die Einbindung von multimedialen Übungen [KÖHL 2006] kann der Zeitbedarf erheblich ansteigen. Für die Testfragen wurden bereits im Abschnitt 5.6.3 Erfahrungswerte für die technische Umsetzung genannt. Im Durchschnitt benötigt man für die Umsetzung einer Lernkontrolle mit zehn Fragen ca. 100 min für die technische Realisierung der Fragen, zehn Minuten für die Zusammenstellung der Fragen zu einem Test und noch einmal ca. 90 min für die inhaltlichen Überlegungen zu den Testfragen, wobei bei allen diesen Werten erhebliche Schwankungen auftreten können und beim Konstrukteur etwas Erfahrung mit Tests vorausgesetzt wird.

Für die Modellanwendung Präsenzveranstaltung ist der Zeitrahmen klar definiert. Beispielhaft wird von einer Veranstaltung ausgegangen, die 30 Mal im Jahr stattfindet und je 90 Minuten dauert. Weiterhin wird der Regelfall angenommen, dass ein Mitarbeiter die Lernkontrollen während der Vorlesung erstellen kann. Daraus ergibt sich ein Zeitbedarf von ca. 2700 Stunden pro Jahr. Dieser Wert muss noch um ca. zehn Prozent erhöht werden, da, im Sinne des Modells, die Tests analysiert und geeignete Zusatzmaßnahmen für den Lernprozess aktiviert werden müssen. Nicht berücksichtigt wird dabei, dass die Mitarbeiter auf Grund ihrer betreuenden Funktion die Vorlesung häufig sowieso besuchen müssen.

Für die Modellanwendung E-Learning / Blended Learning und Weiterbildung kann kein durchschnittlicher Aufwand geschätzt werden, da Umfang und Qualität der Maßnahmen zu stark schwanken können.

Bei den E-Prüfungen lohnt sich eine solche Betrachtung allerdings schon. Wenn man von einer 90-minütigen Prüfung ausgeht, kann man aus Erfahrung sagen, dass ca. zwei Tage für die Umsetzung herangezogen werden müssen. Hinzu kommt noch ca. ein halber Tag für die verhältnismäßig aufwändige Organisation, zum Beispiel infolge der vielen benötigten Rechner. Für die E-Prüfung können somit einmalig ca. 700 Stunden veranschlagt werden, allerdings nur beim ersten Durchgang, denn wenn bereits ein geeigneter Fragenpool zur Verfügung steht und die Organisation standardisiert wurde, verringert sich der Wert erheblich und der zusätzliche zeitliche Bedarf kann sich, im Vergleich zu einer herkömmlichen Prüfung, unter Umständen sogar in eine zeitliche Ersparnis wandeln. Außerdem darf nicht vergessen werden, dass der größte Vorteil der E-Prüfung in der automatisierten Bewertung liegt, für die kein

Zeitbedarf anfällt. Dagegen müssen für die Korrektur herkömmlicher Klausuren nicht selten mehrere Stunden für einen einzigen Prüfungsbogen eingeplant werden.

Unabhängig von der Modellanwendung müssen zusätzlich Wartungszeiten für das Testsystem kalkuliert werden. Die Erfahrung zeigt, dass man durch ein hohes Maß an Automatisierung den Zeitbedarf auf unter zwei Stunden pro Monat drücken kann, so dass ein jährlicher Bedarf von lediglich 20 Stunden entsteht. Falls ein redundantes System vorgehalten wird, was vor allem im Rahmen von E-Prüfungen zu empfehlen ist, erhöht sich der Bedarf auf circa 30 Stunden.

Aber nicht nur Personal-, sondern auch Sachkosten sind von Bedeutung. Dabei kommen vor allem die Lizenzkosten für ein Testsystem zum Tragen. Ferner braucht man einen Server, ein Betriebssystem, eine Datenbank und Anwendungssoftware für die multimediale Aufbereitung von Inhalten.

Testsystemlizenz:	ca. 5.000 € - 10.000 €
Server (Hardware und Software):	ca. 1.000 € - 5.000 €
sonstige Software:	ca. 0 € - 2.000 €

Im Durchschnitt entstehen somit einmalig Sachkosten in Höhe von ca. 11.500 €. Dabei muss beachtet werden, dass im Regelfall für viele Softwareprodukte, wie Betriebssysteme, Datenbanken und multimediale Software, bereits hochschulweite Lizenzen vorliegen.

Die zweite Seite der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist der erzielte Nutzen. Dazu zählen die Effizienzsteigerung im Lernprozess und die damit einhergehenden kürzeren Studienzeiten, die geringere Anzahl von Prüfungswiederholungen, die besseren Möglichkeiten der Lernsteuerung und, im Falle von E-Prüfungen, die Zeitersparnis bei den wissenschaftlichen Mitarbeitern, die dadurch mehr Zeit für ihre Forschung erhalten. Dass damit generell ein Nutzen erzielt wird, leuchtet demnach ein, die Quantifizierung dieses Nutzens ist aber sehr schwierig. Zum Beispiel müsste dazu über Jahre hinweg untersucht werden, ob Studenten, die dieses Modell angeboten bekommen, auch wirklich schneller studieren und wie groß die Einsparung ist. Außerdem ist ein solcher Nutzen vor allem volkswirtschaftlich zu sehen und kann deshalb nicht dem Budget eines Hochschullehrers gutgeschrieben werden. Zum aktuellen Zeitpunkt liegen keine vernünftigen Daten für die monetäre Quantifizierung des Nutzens vor.

Letztendlich steigt die Wirtschaftlichkeit mit der Anzahl der verfügbaren Fragen deutlich an.

Bei einem sehr großen Fragenpool fällt der Erstellungsaufwand kaum mehr ins Gewicht, so dass die Vorteile der modellkonformen Lernkontrollen und E-Prüfungen überwiegen, wobei aus wirtschaftlicher Sichtweise vor allem die potentielle Zeitersparnis von Bedeutung ist.

5.10 Qualitätsbetrachtungen

Bei der Begutachtung der Qualität des Modells ist zu unterscheiden zwischen Produkt-, Vermittlungs-, Anwendungs- und Entwicklungsqualität.

Produktqualität:

Hinsichtlich der Produktqualität muss gewährleistet werden, dass alle Items inhaltlich richtig sind und mit dem zugehörigen Lernziel korrespondieren. Wichtig ist dabei auch, dass auf Aktualisierungen geachtet wird und keine Fragen, die sich zum Beispiel auf alte Normen beziehen, unkommentiert angezeigt werden. Die Garanten für die Produktqualität müssen die verantwortlichen Autoren der Fragen, d.h. in der Regel die Hochschulprofessoren sein. Das Produkt muss ferner störungsfrei funktionieren. Vor allem bei der ersten Begutachtung eines Systems durch den Nutzer darf dieses nicht versagen. Deshalb ist zu empfehlen, dass das Testsystem doppelt und damit redundant vorgehalten wird. Im dem hier verwendete System werden zum einen ein Produktionsserver, der als Hauptsystem fungiert, auf das alle Nutzer im Regelfall zugreifen und zum anderen ein Entwicklungsserver, auf dem alle Neuerungen zunächst getestet werden können, verwendet. Bei einem Ausfall des Produktionsserver kann schnell auf den Entwicklungsserver gewechselt werden, da in regelmäßigen Abständen eine Sicherung des Systems auf beiden Servern vorgehalten wird.

Die Bedienbarkeit sollte intuitiv sein, damit die Diversität der Lerner keinen Einfluss auf die Bewertung hat, die wiederum stets korrekt sein muss. Nichts ist schlimmer als die Anzeige von falschen Bewertungen bei einem computergestützten System, da man diesem keine „menschlichen Fehler“ verzeiht. Zum Beispiel muss eine korrekte Antwort auch immer positiv bewertet werden.

Vermittlungsqualität:

In Bezug auf die Vermittlungsqualität ist wichtig, dass in dem Modell nicht nur Wissensfragen integriert sind, sondern auch Fragen, die höhere kognitive Funktionen erfordern, so dass sie dem Ausbildungsziel Bauingenieur oder Architekt auch gerecht werden. Die Möglichkeit zur Selbstkontrolle muss vom Studenten erkannt werden. Die Vorteile müssen spürbar werden, zum Beispiel indem man sich zu einer Prüfung besser vorbereitet fühlt und diese angstfrei angehen kann. Angezeigte Musterlösungen dürfen keine Fehler aufweisen und die empfohlenen Ergänzungen für die Aktivphase müssen einerseits einleuchtend sein und andererseits muss der Nutzen auch erkannt und erzielt werden. Aus Sicht des Lerner ist es von besonderer Bedeutung, dass die Lernkontrollen einen Sinn haben. Als sinnlos werden Lernkontrollen angesehen, bei denen das aus Sicht der Neurowissenschaften zwar sinnvolle aber allgemein verpönte Auswendiglernen zum Erfolgsgarant wird. Daneben darf das System nicht durch stereotype Darstellungen langweilen und es muss immer eine gewisse Spannung behalten. Im Sinne der Vermittlungsqualität ist die Frage zu beantworten, ob die Lerner gezwungen werden sollten, damit zu arbeiten oder ob die Nutzung freiwillig sein soll. Damit das Modell eine höhere Akzeptanz bei den Lernern erhält, wird die Freiwilligkeit befürwortet, wobei, infolge der Diversität der Lerner, ein gewisser Zwang auch heilsam sein kann. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass in einer Organisation wie der einer Hochschule permanent Zwänge in Form von Leistungsdruck und Prüfungsstress aufgebaut werden, so dass die meisten Lerner damit auch umgehen können.

Der wichtigste Aspekt bei der Vermittlungsqualität ist die Bereitschaft des Hochschullehrers zur Umsetzung des Modells. Wie bei allen E-Learning-Projekten ist dies der entscheidende Faktor für das Gelingen oder eben das Scheitern. Der Lerner wird die modellkonformen Lernkontrollen nur bearbeiten, wenn der Hochschullehrer das System vorlebt, das heißt, wenn er es in den Lehrablauf integriert, indem er zum Beispiel in jeder Vermittlungseinheit die Ergebnisse der Tests bekannt gibt. Dies ist besonders wichtig, denn nur so kann der Lerner seine individuelle Testleistung im Vergleich zur Lerngruppe bewerten. Außerdem ist bei den Versuchen zur Umsetzung der Modellanwendung Präsenzveranstaltung aufgefallen, dass die Lernkontrollen immer dann von vielen bearbeitet wurden, wenn der Hochschullehrer zum Ende der Vorlesung noch einmal daraufhin gewiesen hatte.

Anwendungs- und Entwicklungsqualität:

Ein weiteres Kriterium bilden die Anwendungs- und Entwicklungsqualität. Ganz wichtig ist dabei die Frage: Wer darf was machen? Darf ein Autor sich bei den Fragen der Kollegen bedienen oder darf eine von Studenten erstellte Frage von allen Professoren gelöscht werden und soll der studentische Autor erkennen, wer seine Frage gelöscht hat und soll er dafür eine Begründung bekommen? Diese Fragen sind in Bezug auf die Entwicklungsqualität frühzeitig, vor der Implementierung des Modells in den Studienalltag, zu klären. Im WiBA-Net[®] konnte die Ergänzung mit Lernkontrollen nur gelingen, weil dabei eine ganzheitliche Zusammenarbeit von Autoren, Technikern und Pädagogen realisiert wurde. Das hat für die Autoren den Vorteil, dass sie viel näher am System sind und eben nicht nur die Techniker die Entwicklung des Systems voranbringen. Damit entsteht auch ein Werkzeug, das von den Autoren bestmöglich akzeptiert wird. Da aber auch immer wieder neue Autoren hinzukommen sollen, ist eine Arbeitsanleitung, die die Anwendung des gesamten Systems beschreibt, unumgänglich, denn nur dann kann eine nachhaltige Implementierung gelingen. Dafür braucht es aber auch „Kümmerner“, die hinter dem System stehen und an dessen Weiterentwicklung Interesse und Freude haben.

Häufig erreichen computergestützte Tests – insbesondere bei jüngeren Probanden, die an den Umgang mit Computern gewöhnt sind – einen höheren Grad an Akzeptanz als herkömmliche Papier-und-Bleistift-Tests. Computergestützte Lernkontrollen werden von ihnen oft als leichter und beliebter eingestuft. Dieser positive Effekt auf die Anwendungsqualität verpufft sehr schnell, wenn sich die Lerner durch das System überwacht fühlen. Eigene Umfragen haben gezeigt, dass von den meisten Lernern nur ein Testsystem, bei dem die Nutzer anonym bleiben, akzeptiert wird.

Kapitel 6

Schlussbemerkung

Lernen ist und bleibt ein Prozess, der mit Arbeit verbunden ist. Die Entwicklung eines wirksamen Nürnberger Trichters ist noch nicht in Sicht.

Eine aus meiner Sicht bessere Möglichkeit zur Steigerung der Lerneffizienz ist die Ergänzung des Lernprozesses mit wirksamen neuen Methoden, bei denen vor allem die neuen Medien noch ein hohes Potential aufweisen. Eine solche Methode wurde mit dem Modell der curricularen Einbindung computergestützter Lernkontrollen in dieser Arbeit vorgestellt. Bei der Modellanwendung Präsenzveranstaltung konnte die Wirksamkeit des Modells mit Hilfe von zwei Lehrversuchen auch in der Praxis nachgewiesen werden.

Bei den E-Prüfungen hat die Entwicklung gerade erst begonnen. Es muss abgewartet werden, wie sich die Akzeptanz bei dieser Methode entwickelt. Dazu wird es notwendig sein, Kompetenzzentren an den Hochschulen zu schaffen, die sich um die Technik, die Organisation und die pädagogisch methodische Unterstützung bei der Erstellung, Durchführung und Auswertung dieser Prüfungsform kümmern. Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit und die potentielle Ressourcenschonung – Schlagwort Mitarbeiterentlastung – sind E-Prüfungen ein Werkzeug, auf das keine Hochschule in Zukunft mehr verzichten können wird.

Die Konstruktion und Revision des Fragenkatalogs hat einen Grundstein für die Entwicklung eines standardisierten Tests „Werkstoffe im Bauwesen“ gelegt, der durch den einzigartigen Vorteil eines hochschulübergreifenden Memorandums in diesem Fach realisiert werden könnte. Ziel sollte es sein, dass ein solcher standardisierter Test in computergestützter Form angeboten wird.

Allerdings muss dazu noch die Handhabung der Fragen mit offenen Antwortformaten, vor allem Rechen- und Freitextaufgaben, verbessert werden. Es müssen einerseits einfach zu bedienende Werkzeuge entwickelt werden, die eine computergestützte Eingabe erlauben, die mit der Papier-und-Bleistift-Form vergleichbar ist und andererseits einfache und dennoch wirksame Bewertungsalgorithmen, so dass ein menschlicher Prüfer nur noch in Ausnahmefällen aktiv werden muss. Für beide Forderungen gibt es bereits eine Reihe von Ansätzen. Beispielsweise könnten so genannte Tablet-PCs die Eingabe erleichtern.

Spannend bleiben auch die zukünftigen Ergebnisse der Hirnforschung und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen für den Lernprozess.

Solange es verbindliche Prüfungen an der Hochschule oder in der Weiterbildung geben wird, werden auch computergestützte Lernkontrollen ihren Nutzen in der Prüfungsvorbereitung, aber auch zur Lernsteuerung und Lernkontrolle, haben.

Intelligenz ist größtenteils angeboren, Faktenwissen kann man sich anpauken, klug wird man aber nur durch die hochgradige Vernetzung des eigenen Wissens. Wichtig ist dabei, dass dieses Wissen abgesichert ist. Erfolgreiche Lerner sind stets in der Lage, ihr Lernen zu kontrollieren, d.h. bewusst zu reflektieren, so dass sie ihre eigenen Stärken und Schwächen kennen.

Schließen möchte ich diese Arbeit, indem ich noch einmal die Worte von Sokrates zitiere:

„Ich weiß, dass ich nicht weiß.“

Um auch sicher zu wissen, was man nicht weiß bzw. was man weiß, sind die modellkonformen Lernkontrollen – meines Erachtens - ein sehr nützliches Werkzeug.

Literatur

- [APEL 1999] APEL, H.J.: Die Vorlesung. Einführung in eine akademische Lehrform. Köln, Weimar, Wien : Böhlau, 1999.
- [APEL 2003] APEL, H. und S. KRAFT: Online Lehren in der Weiterbildung – Planung und Gestaltung netzbasierter Weiterbildung. Bielefeld : Bertelsmann, 2003.
- [ARNO 2002] ARNOLD, R.: Schulpädagogik kompakt – Prüfungswissen auf den Punkt gebracht. Berlin : Cornelsen Scriptor, 2002.
- [ARNO 2006] ARNOLD, R. und M. LERMEN (Hrsg.): eLearning-Didaktik. In: Grundlagen der Berufs- und Erwachsenenbildung. Band 48. Baltmannsweiler : Schneider-Verl. Hohengehren, 2006.
- [BANG 1991] BANGERT-DROWNS, R.L. et al.: The instructional effect of feedback in test-like events. In: Review of Educational Research (61). Washington 1991.
- [BECK 2004] BECKER, J.: Computergestütztes Adaptives Testen (CAT) von Angst entwickelt auf der Grundlage der Item Response Theorie (IRT). Freie Universität Berlin. Dissertation. http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000001495 (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Berlin 2004.
- [BIRK 1976] BIRKEL, P.: Glossar wichtiger testtheoretischer Begriffe. In: Birkel, P. und K. Ingenkamp: Hilfen zur Auswahl von Schultests. Mainz : von Hase & Koehler, 1976.
- [BLAK 2005] BLAKEMORE, S.-J. und U. FRITH: The Learning Brain – Lessons for Education. Oxford Oxford : Blackwell, 2005.
- [BLOO 1976] BLOOM, B.: Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. 5. Auflage. Weinheim : Beltz, 1976.
- [BÖLS 2002] BÖLSCHKE, J.: Die sieben Todsünden der deutschen Bildungspolitik. In: Spiegel Special. Lernen zum Erfolg. S. 6-21. Hamburg 2002.

- [BORT 2002] BORTZ, J. und N. DÖRING: Forschungsmethoden und Evaluation. 3. Aufl. Berlin : Springer, 2002.
- [BRAN 2001] BRANDSTÄTTER, E.: Faktorenanalyse oder Rasch-Modell? Eine Kreuzvalidierung am Beispiel Leistungs-Motivations-Tests. Frankfurt am Main : Lang, 2001.
- [BRAN 2006] BRAND, M. und H.J. MARKOWITSCH: Lernen und Gedächtnis aus neurowissenschaftlicher Perspektive – Konsequenzen für die Gestaltung des Schulunterrichts. In: Herrmann, U. (Hrsg.): Neurodidaktik – Grundlagen und Vorschläge für gehirngerichtes Lehren und Lernen. Weinheim : Beltz, 2006.
- [BRIC 1997] BRICKENKAMP, R.: Handbuch psychologischer und pädagogischer Tests. 2. Auflage. Göttingen : Hogrefe, 1997.
- [BÜHN 2004] BÜHNER, M.: Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. München : Pearson Studium, 2004.
- [BÜHN 2006] BÜHNER, M.: Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion. 2. Auflage. München : Pearson Studium, 2006.
- [CASP 2006] CASPARY, R. (Hrsg.): Lernen und Gehirn – Der Weg zu einer neuen Pädagogik. 4. Auflage. Freiburg : Herder, 2006.
- [CHEE 2001] CHEERS, G. (HRSG.): Anatomica – Körper und Gesundheit. Willoughby : Köhnenmann, 2001.
- [CHOM 1962] CHOMSKY, N.: Current issues in linguistic theory. Mouton 1962.
- [CSIK 1991] CSIKSZENTMIHALYI, M.: Das Flow-Erlebnis und seine Bedeutung für die Psychologie des Menschen. In Csikszentmihalyi, M und I.S. Csikszentmihalyi (Hrsg.): Die außergewöhnliche Erfahrung im Alltag – Die Psychologie des Flowerlebens. Stuttgart : Klett-Cotta, 1991.
- [DIN 1319-1] DIN (Hrsg.): Grundlagen der Meßtechnik - Teil 1: Grundbegriffe. Berlin : Beuth, 1995.
- [DIN 2006] DIN (Hrsg.): Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement im e-learning – Beiträge zur Anwendung der PAS 1032-1. Berlin : Beuth, 2006.
- [DIN 33430] DIN 33430: Anforderungen an Verfahren und deren Einsatz bei berufsbezogenen Eignungsbeurteilungen. 2002-06. Berlin : Beuth, 2002.
- [DLRP 2004] DLR-PROJEKTTRÄGER – NEUE MEDIEN IN DER BILDUNG + FACHINFORMATION (Hrsg.): Neue Medien in der Bildung – Hochschulen. Kursbuch eLearning 2004 – Produkte aus dem Förderprogramm. St. Augustin : Bmbf Publik, 2004.

- [DOHM 2001] DOHMEN, G.: DAS INFORMELLE LERNEN. Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. BMBF Publik. http://www.bmbf.de/pub/das_in-formelle_lernen.pdf (zuletzt geöffnet 30.06.2008). Bonn 2001.
- [DOHM 2003] DOHMEN, D. und L.P. MICHEL: Marktpotenziale und Geschäftsmodelle für eLearning-Angebote deutscher Hochschulen. aus Schriften zur Bildungs- und Sozialökonomie. Band 4. Bielefeld : Bertelsmann 2003.
- [DUDA 2004] DUDAI, Y.: The neurobiology of consolidations, or, how stable is the engram? In: Annual Review of Psychology 55, S. 51-86.
- [EHLE 2004] EHLERS, U.-D.: Qualität im E-Learning aus Lernericht – Grundlagen, Empirie und Modellkonzeption subjektiver Qualität. Wiesbaden : VS, Verl. für Sozialwiss., 2004.
- [ELST 2003] ELSTER, F.; DIPPL, Z. und G. ZIMMER: Wer bestimmt des Lernerfolg? Leistungsbeurteilung in projektorientierten Lernarrangements. Bielefeld : Bertelsmann, 2003.
- [ENCA 1999] ENCARNACAO, J.L.; LEITHOLD, W. und A. REUTER: Szenario: Die Universität im Jahre 2005. In: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.): Zukunft gewinnen - Bildung erneuern. München : Verl. Bertelsmann-Stiftung, 1999.
- [FISS 1997] FISSENI, H.J.: Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. 2. Auflage. Göttingen : Hogrefe, 1997.
- [FISS 2007] FISSENI, H.-J. und I. PREUSE: Assessment-Center. Eine Einführung in Theorie und Praxis. Göttingen : Hogrefe, 2007.
- [FRIE 1997] FRIEDRICH, H. F. und H. MANDEL: Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In: Weinert, F. E. und H. Mandl (Hrsg.): Psychologie der Erwachsenenbildung. Göttingen : Hogrefe, 1997.
- [FRIE 2008] FRIEDMANN, J.: Blindflug ins Chaos. In: Spiegel 32/2008. Hamburg 2008.
- [GAGE 1986] GAGE, N.L. und D.C. BERLINER: Pädagogische Psychologie. 4. Auflage. Weinheim : Psychologie Verl.-Union, 1986.
- [GÖTZ 2003] GÖTZINGER, H.: Prüfungswissen interaktiv für IT-Berufe (auf CD-ROM). Darmstadt : Winklers, 2003.
- [GRÜB 2001] GRÜBL, P.; WEIGLER, H. und S. KARL: Beton. Arten, Herstellung und Eigenschaften. Weinheim : Ernst, 2001.

- [GRÜB 2003] GRÜBL, P.: SCHNITTKER, N. und B. SCHMIDT: Gibt es den elektronischen Nürnberger Trichter? – Das Konzept des Blended Learning, dargestellt am Lernnetz WiBA-Net[®]. In: Kerres M. (Hrsg.): Digitaler Campus – Vom Medienprojekt zum nachhaltigen Medieneinsatz in der Hochschule. Münster : Waxmann, 2003.
- [GRÜB 2003a] GRÜBL, P. und H.G. KLAUS (Hrsg.): Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten. Darmstadt : Eigenverlag, 2003.
- [GULL 1965] GULLIKSEN, H.: Theory of mental tests. 5. Aufl. New York : Wiley, 1965.
- [HÄFE 2004] HÄFELE H. und K. MAIER-HÄFELE: 101 e-learning Seminarmethoden-Methoden und Strategien für die Online- und Blended Learning Seminarpraxis. Bonn : managerSeminare-Verl., 2004.
- [HAMM 2000] VON HAMMERSTEIN, K.: Die Lernmaschine. <http://www.hamstone.de/thesis>. (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Stellenbosch 2000.
- [HAYN 1994] HAYNIE, W.J.: Effects of Multiple-Choice and Short-Answer Tests on Delayed Retention Learning. In: Journal of Technology Education. Volume 6. Number 1. Blacksburg Virginia 1994.
- [HELL 1978] HELLER, K. (Hrsg.): Leistungsbeurteilung in der Schule. Heidelberg : Meyer, 1978.
- [HIS 2005] HIS – HOCHSCHULINFORMATIONSSYSTEM (Hrsg.): E-Learning aus Sicht der Studierenden. Hannover 2005.
- [HOLS 2002] HOLST, U.: Online Studieren. Würzburg : Lexika-Verl., 2002.
- [HOSS 2000] HOSSIEP, R.; PASCHEN, M. und O. MÜHLHAUS: Persönlichkeitstests im Personalmanagement. Göttingen : Verl. für Angewandte Psychologie, 2000.
- [HÜHO 1993] HÜHOLDT, J.: Wunderland des Lernens – Lernbiologie, Lernmethodik, Lerntechnik. 8. Auflage. Bochum : Verl. für Didaktik, 1993.
- [ISSI 2002] ISSING, L.J. und P. KLISMA (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia und Internet – Lehrbuch für Studium und Praxis. 3. Auflage. Weinheim : Beltz PVU, 2002.
- [JÄGE 2003] JÄGER, W. und J. FISCHER: B2E Studie: Neue Möglichkeiten durch Mitarbeiterportale. Studie von Cap Gemini Ernst & Young. Berlin 2003.
- [JAKO 1998] JAKOBS, B.: Aufgaben stellen und Feedback geben. <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/feedback/projekt.htm> (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Saarbrücken 1998.

- [JAKO 2007] JAKOBS, B.: Forschungsprojekt: Aufgabenstellen und Feedback geben. <http://www.phil.uni-sb.de/~jakobs/wwwartikel/feedback/projekt.htm> (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Saarbrücken 2007.
- [JÜRG 1998] JÜRGENS, E.: Leistung und Beurteilung in der Schule – Eine Einführung in Leistungs- und Bewertungsfragen aus pädagogischer Sicht. 4. Auflage. St. Augustin : Academia-Verl., 1998.
- [KERR 2001] KERRES, M.: Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung. 2. Auflage. München : Oldenbourg, 2001.
- [KERR 2005] KERRES, M. und K.-S. REINHARD (Hrsg.): Hochschulen im digitalen Zeitalter: Innovationspotentiale und Strukturwandel. Münster : Waxmann, 2005.
- [KLAU 1987] KLAUER, K.J.: Kriteriumsorientierte Tests – Lehrbuch der Theorie und Praxis lehrzielorientierten Messens. Göttingen : Hogrefe, 1987.
- [KÖHL 2006] KÖHLER, S.: Ein ingenieurgerechtes Modell zur elektronischen Wissensvermittlung im Bauwesen. TU Darmstadt, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie. Dissertation. Darmstadt 2006.
- [KÜFF 1981] KÜFFNER, H.: Fehlerorientierte Tests. Konzept und Bewährungskontrolle; Weinheim, Basel : Beltz, 1981.
- [KÜFF 1985] KÜFFNER, H. und R. WITTENBERG: Datenanalysesysteme für statistische Auswertungen. Stuttgart : Fischer, 1985.
- [KUHL 1977] KULHAVY, R.W.: Feedback in written instruction. In: Review of Educational Research (47). Washington 1977.
- [KUTT 2005] KUTTER, S.: Neue Lernkonzepte. In: Wirtschaftswoche 2005 (30). S.67-70. Düsseldorf 2005.
- [LEDO 1998] LEDOUX, J. E.: The emotional Brain. The mysterious underpinnings of emotional life. New York : Touchdown, 1998.
- [LEFR 2006] LEFRANÇOIS, G.R.: Psychologie des Lernens. 4. Auflage. Heidelberg : Springer, 2006.
- [LIEN 1996] LIENERT, G.A. und U. RAATZ: Testaufbau und Testanalyse. 6. Auflage. Weinheim : Beltz, 1996.
- [LÜBB 2003] LÜBBE, E.: Klausurtraining Bauphysik – Prüfungsfragen und Antworten zur Bauphysik. 2. Auflage. Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2003.
- [MANH 2001] MANHARTSBERGER, M. und S. MUSIL: Web Usability – Das Prinzip des Vertrauens. Bonn : Galileo Press Verlag, 2001.

- [MERL 2009] MERLE, H. und J. LANGE: "The learning network" - A constructivist Teaching Model using Web-Didactics, User-Monitoring and new Media Technologies in the Education of Civil Engineering Students. Beitrag zum 8th Annual ASEE Global Colloquium on Engineering Education. Budapest 2009.
- [MIET 2003] MIETZEL, G.: Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens. 7. Auflage. Göttingen : Hogrefe, 2003.
- [MILL 1956] MILLER, G.A.: The magical number seven, plus or minus two – some limits on our capacity for processing information. In: Psychological Review (63). Washington 1956.
- [MOTZ 2004] MOTZKO, C (Hrsg.): Studienordnung des Master of Science-Studienganges Bauingenieurwesen des Fachbereichs Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt vom 31.03.2004. Darmstadt 2004.
- [MÜHL 2003] MÜHLHÄUSER, M.: The „Digital Lecture Hall“ Concept. In: Grübl, P. und H.G. Klaus: Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten. Tagungsband TU Darmstadt – Institut für Massivbau. Eigenverlag. Darmstadt : Eigenverlag, 2003.
- [NAKA 2002] NAKAMURA, J. und M. CSIKSZENTMIHALYI: The concept of flow. Handbook of Positive Psychology. Oxford : Oxford University Press, 2002.
- [OBER 2006] OBERVERWALTUNGSGERICHT FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN: Beschluss wegen Diplomvorprüfung. Aktenzeichen 14B 1035/06 6 L 571/06 Köln. http://www.birnbaum.de/downloads/20061004_ovgmuenster.pdf (zuletzt geöffnet am 30.05.2008). Köln 2006.
- [OECD 2006] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (HRSG.): Programme for International Student Assessment - PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow's World. http://www.pisa.oecd.org/document/2/0,3343,en_32252351_32236191_39718850_1_1_1_1,00.html (zuletzt geöffnet am 30.05.2008). Paris 2006.
- [ÖKOZ 2007] ÖKO-ZENTRUM NRW (Hrsg.): Prüfungsfragen für die Qualifizierung zum Gebäudeenergieberater. Stuttgart : Fraunhofer IRB-Verl., 2007.
- [PAS 1032-1] PAS 1032-1:2004. Aus- und Weiterbildung unter besonderer Berücksichtigung von e-Learning – Teil 1 Referenzmodell für Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung; Planung, Entwicklung, Durchführung und Evaluation von Bildungsprozessen und Bildungsangeboten. Berlin : Beuth, 2004.
- [PAWL 1972] PAWLOW, I.P.: Die bedingten Reflexe. München : Kindler, 1972.

- [PERE 1999] PERETZ, L.: Die wundersame Welt des Schlafes. Entdeckungen, Träume, Phänomene. München : Dtv, 1999.
- [RECK 2007] RECKNAGEL, H.; SPRENGER, E. und E.R. SCHRAMEK (Hrsg.): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. 73. Auflage. München : Oldenbourg, 2007.
- [REIN 2000] REINHARDT, H.-W.: Hochschullehrermemorandum: Werkstoffe im Bauwesen – Universitäre Lehre und Forschung. In: Bauingenieur 75 (11). S. 723-729. München 2000.
- [RHEI 2006] RHEINBERG, F. : Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In: Heckhausen, J. und H. Heckhausen (Hrsg.): Motivation und Handeln. 3. Auflage. Heidelberg : Springer, 2006.
- [ROST 2004] ROST, J.: Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion. 2. Auflage. Bern : Huber, 2004.
- [ROTH 2003] ROTH, G.: Fühlen, Denken und Handeln. Frankfurt a.M. : Suhrkamp, 2003.
- [SCHE 2001] SCHEICH, H.: Lernprozesse in verschiedenen Lebensaltern – Mechanismen von Lernen und Gedächtnis. In: Arbeitsstab Forum Bildung in der Geschäftsstelle der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.): Neue Lern- und Lehrkultur – vorläufige Empfehlungen und Expertenbericht. Bonn 2001.
- [SCHE 2003] SCHEICH, H.: Lernen unter der Dopamindusche. Was uns Versuche an Mäusen über die Mechanismen des menschlichen Gehirns verraten. In: Die Zeit Nr.39/2003.
- [SCHN 2009] SCHNITTKER, N.: Automatische Strukturierung von Lerneinheiten mit semantischen Methoden am Beispiel der Werkstoffe im Bauwesen. TU Darmstadt. Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie. Dissertation. Darmstadt 2009.
- [SCHU 2001] SCHULMEISTER, R.: Virtuelle Universität, virtuelles Lernen. München : Oldenbourg, 2001.
- [SCHU 2002] SCHULMEISTER, R.: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme, Theorie – Didaktik – Design. 3. Auflage. München : Oldenbourg, 2002.
- [SCHU 2002a] SCHULZE, H.; NEUBAUER, H.; OHL, F.W.; HESS, A. und H. SCHEICH: Representation of stimulus periodicity and its learning induced plasticity in the auditory cortex - Recent findings and new perspectives. In: Acta Acustica united with Acustica 88(3). Stuttgart 2002.
- [SCHU 2003] SCHULMEISTER, R.: Lernplattformen für das virtuelle Lernen – Evaluation und Didaktik. München : Oldenbourg, 2003.

- [SESI 2003] SESINK, W.: Pädagogische Kriterien für die Qualität von E-Learning-Systemen. In: Gröbl, P. und H.G. Klaus: Neue Medien in der Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten. Tagungsband TU Darmstadt – Institut für Massivbau. Eigenverlag. Darmstadt : Eigenverlag, 2003.
- [SING 2002] SINGER, W.: Der Beobachter im Gehirn. Essays zur Hirnforschung. Frankfurt a.M. : Suhrkamp, 2002.
- [SKIN 1968] SKINNER, B.F.: The Technology of Teaching. NewW York : Meredith, 1968.
- [SPEAR 1927] SPEARMAN, C. E.: The abilities of man, their nature and measurement. New York : Macmillan, 1927.
- [SPIT 2002] SPITZER, M.: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg : Spektrum, 2002.
- [SPIT 2008] SPITZER, M.: Pillen fürs Lernen. Aus der Reihe: Geist und Gehirn. Reine Nervensache. Folge 58. Podcast. <http://www.br-online.de/br-alpha/geist-und-gehirn> (zuletzt geöffnet 30.11.2008). München : Bayrischer Rundfunk, 2008.
- [SPIT 2008a] SPITZER, M.: Emotionen: GUT und SCHLECHT. Aus der Reihe: Geist und Gehirn. Reine Nervensache. Folge 88. Podcast. <http://www.br-online.de/br-alpha/geist-und-gehirn> (zuletzt geöffnet 30.11.2008). München : Bayrischer Rundfunk, 2008.
- [SPIT 2008b] SPITZER, M.: Emotionen: GUT und SCHLECHT. Aus der Reihe: Geist und Gehirn. Reine Nervensache. Folge 18. Podcast. <http://www.br-online.de/br-alpha/geist-und-gehirn> (zuletzt geöffnet 30.11.2008). München : Bayrischer Rundfunk, 2008.
- [SPIT 2008c] SPITZER, M.: Lernen im Schlaf. Aus der Reihe: Geist und Gehirn. Reine Nervensache. Folge 10. Podcast. <http://www.br-online.de/br-alpha/geist-und-gehirn> (zuletzt geöffnet 30.11.2008). München : Bayrischer Rundfunk, 2008.
- [STAD 2004] STADTFELD, P.: Allgemeine Didaktik und neue Medien – Der Einfluss der neuen Medien auf didaktische Theorie und Praxis. Bad Heilbrunn 2004.
- [STAT 2006] STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 2007. Wiesbaden 2007.
- [STEI 2000] STEINMETZ, R.: Multimedia-Technologie – Grundlagen, Komponenten und Systeme. Berlin : Springer, 2000.

- [STEI 2004] STEINHOFF, B.: Wissens- und Kompetenzerwerb in einem Unterricht nach Chemie im Kontext - Exemplarische Entwicklung eines Wissenstests für die Unterrichtseinheit (K)Ein Auto ohne Kunststoffe. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Dissertation. Kiel 2004.
- [STEI 2007] STEINBORN, T.: Analyse des universitären Lern- und Arbeitsverhaltens von Studierenden des Bauingenieurwesens. TU Darmstadt. Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie. Dissertation. Darmstadt 2007.
- [STIF 2001] STIFTUNG WARENTEST: Worauf ist bei der Wahl eines Online-Kurses zu achten? Checkliste. test 11/2001. Auch online unter http://www.test.de/filestore/d_414_955.pdf?path=/protected/b6/51/e5636387-06b8-4b0d-ae6e-7a2014117f0f-protectedfile.pdf&key=163239DE79243386778A7AF3CB1C4582DC92CE76 (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Berlin 2001.
- [THIM 2002] Thimm, K.: Guten Morgen, liebe Zahlen. In: Spiegel Special. Lernen zum Erfolg. S. 94. Hamburg 2002.
- [THOR 1968] THORNDIKE, E.L.: Human learning. New York : MIT Press, 1968.
- [TOYF 2003] TOYFL, M. : K-Logs. Definition und Analyse möglicher Erfolgsfaktoren. Dipl.-Arb. Krems 2003.
- [UNIM 2008] JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT MAINZ (Hrsg.): E-Learning an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Online unter <http://www.e-learning.uni-mainz.de/> (zuletzt geöffnet 30.09.2008). Mainz 2008.
- [WATS 1930] WATSON, J.B.: Der Behaviorismus. Berlin Stuttgart : Deutsche Verlags-Anstalt, 1930.
- [WEHL 2008] WEHLING, M.: Multimediale Netzwerke im Bauwesen – Anwendung, Akzeptanz und Übertragbarkeit. Uni Duisburg-Essen. Fachbereich Ingenieurwissenschaften, Abteilung Bauwissenschaften. Dissertation. Essen 2008.
- [WEST 2005] WESTHOFF, K. und C. HAGEMEISTER: Konzentrationsdiagnostik. Lengerich : Pabst Science Publishers, 2005.
- [WiBA 2001] GRÜBL, P.; ENCARNANÇA, J.; FRANKE, L., HILLEMEIER, B.; KÖNIG, G.; MÜHLHÄUSER, M.; REINHARDT, H.-W.; SESINK, W. und M.J. SETZER: „Multimediales Netzwerk zur Wissensvermittlung im Fach „Werkstoffe im Bauwesen“ für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten“. <http://www.wiba-net.de> (zuletzt geöffnet 20.06.2008). Darmstadt 2001.

- [WIEM 2004] WIEMEYER (Hrsg.): Education, Research and New Media – Chances and Challenges for Science. aus Schriften der Deutschen Vereinigung der Sportwissenschaft Band 146. Darmstadt 2004.
- [WINK 1993] WINKLERS Verlag (Hrsg.): Prüfungswissen interaktiv für IT-Berufe – kaufmännische Themen. CD-ROM. Darmstadt 1993.
- [WOLF 1995] WOLF, W und R. MERKLE: So überwinden Sie Prüfungsängste - psychologische Strategien zur optimalen Vorbereitung und Bewältigung von Prüfungen. Mannheim : PAL, 1995.
- [XPLA 2004] XPLAIN (HRSG.): Segeln2 – Der interaktive Segelkurs. Schwaz : Infowerk Softwareentwicklungsgesellschaft, 2004.

Anhang

Anhang A: Seiten des Lehrpfades Konsistenzbestimmung

Die Struktur der Seiten kann auch der Abbildung 4-3 entnommen werden.

http://www.wiba-net.de - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Einführung Konsistenz

Unter Konsistenz versteht man den messbaren Steifezustand des Frischbetons. Man unterscheidet zwischen verschiedenen Konsistenzbereichen, von "sehr steif" bis "sehr fließfähig". Ferner kennt man den Selbstverdichtenden Beton (SVB), der nicht mehr zusätzlich verdichtet werden muss.

Je nach Art des zu betonierenden Bauteils wird man eine unterschiedliche Konsistenz des Frischbetons fordern. In hochbewehrten Bauteilen ist ein steifer Beton z. B. ungeeignet, weil er sich nicht verdichten lässt. Jedoch ist er dann von Vorteil, wenn ein Beton mit einer hohen Grünstandsfestigkeit benötigt wird, da sofort entschalt werden soll.

Die Konsistenz des Frischbetons kann mit verschiedenen Versuchen bestimmt werden. Sie muss während eines bestimmten Zeitraums vorhanden sein.

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

- + Einführung Konsistenz
- + Konsistenzbereiche
- + Konsistenzen für ver...
- + Versuche zur Konsistenzbe...
- Test

Zeitraum der Konsistenzbeib...

Fertig Internet

http://www.wills.at/de - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Zeitraum der Konsistenzbeibehaltung

Die erforderliche Konsistenz muss zum Zeitpunkt der Verordnungsgebung des Betrages vorhanden sein. Im allgemeinen nimmt die Verarbeitbarkeit im Laufe der Zeit nach dem Mischen ab. Dessen Effekt sollten Sie bei der Einstellung der Konsistenz beim Mischen berücksichtigen, ist die Konsistenz zu steif für den vorgesehenen Einbau, können Sie eine Konsistenzkorrektur vornehmen.

Konsistenzänderung
mit dem Fließmittel
Einfluss von Fließmittel
(FM)

Vorlesen lassen

WEITER ▶

◀ ZURÜCK

INHALT

Zeitraum der Konsistenzbeibehaltung

Zeitraum der Konsistenzbeibehaltung

BEENDEN

Einfluss von Fließmittel
Konsistenzänderung
Konsistenzbeibehaltung
Konsistenzbestimmung
Konsistenzbestimmung

Test

Seite 1

[illegible]

Zeitraum der Konsistenzbeibehaltung - REDCLUE

Diagramm

Zeit [min]	Verdichtungsmaß [cm]
0	~1.08
15	~1.10
30	~1.12
60	~1.17
90	~1.22

Dauer der Konsistenzbeibehaltung - Diagramm 1 - Microsoft Internet Explorer

Datei Bearbeiten Ansicht Favoriten Suchen Zurück

Adresse: http://www.wba-net.de/3/consistenz/konsistenzvorbeho_n_tilversuchdiag_amm.html

Google

Los geht's

Wocheshe zu

Einstellungen

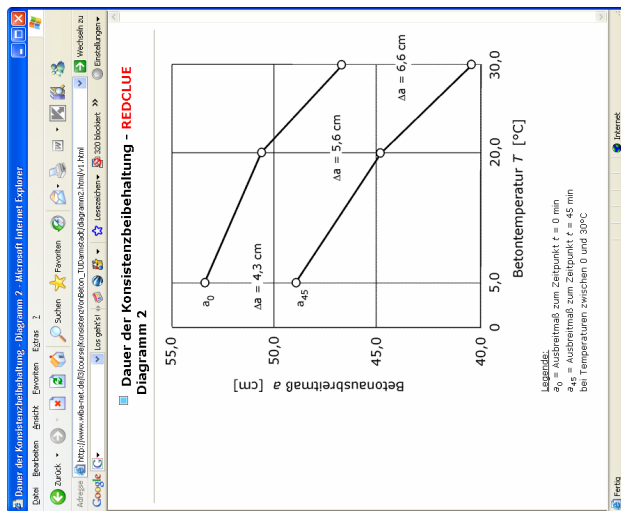
320 blockiert

Lesescheiben

Dauer der Konsistenzbeibehaltung - REDCLUE

Diagramm 1

Konsistenzabnahme von
Fließbeton bei erstmaliger und wiederholter Stanzung nach DIN 1046.
Einfluss der Festigkeitsklasse des
Zements: 370 kg Zement/m³
Beton, w/z = 0,468
A = Anfangsdotierung,
N = Nachdosisierung



Konsistenzbestimmung

Um den Beton hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit zu charakterisieren, hat sich die Einführung von Konsistenzbereichen als zweckmäßig erwiesen. Nach DIN 1045-2 sind diese:

- sehr steif
- steif
- plastisch
- weich (Begelkonsistenz)
- sehr weich
- fließfähig
- sehr fließfähig.

Außerdem kennt man den Selbstverdichtenden Beton.

Von den Konsistenzbereichen müssen Sie die Konsistenzklassen unterscheiden. Diese Klassen sind spezifisch für die unterschiedlichen Versuche zur Konsistenzbestimmung. Nur bei Ausbreit- und Verdichtungsversuch können sie nach DIN 1045-2 den Konsistenzbereichen zugeordnet werden.

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

Erklärung Konsistenz
 • Konsistenzbereiche
 • Konsistenz für verschiedene Versuche
 • Versuche zur Konsistenzbestimmung

Konsistenzbestimmung

Erläuterungen zu den verschiedenen Konsistenzbereichen

Nun unterscheidet verschiedene Konsistenzbereiche, die von "sehr steif" bis "sehr fließfähig" reichen. Von diesen zu unterscheiden sind die Konsistenzklassen und die Konsistenzmaße.

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

Erklärung Konsistenz
 • Konsistenzbereiche
 • Konsistenz für verschiedene Versuche
 • Versuche zur Konsistenzbestimmung

Bei der Konsistenzbestimmung unterscheidet man zwischen verschiedenen Konsistenzbereichen. Diese sind in der Tabelle unten aufgeführt:

Konsistenzbereich	Konsistenzmaß	Versuch
sehr steif	sehr steif	sehr steif
steif	steif	steif
plastisch	plastisch	plastisch
weich (Begelkonsistenz)	weich (Begelkonsistenz)	weich (Begelkonsistenz)
sehr weich	sehr weich	sehr weich
fließfähig	fließfähig	fließfähig
sehr fließfähig	sehr fließfähig	sehr fließfähig

Konsistenzbestimmung

Sehr steife Konsistenz

Der Feinanteil des Betons ist verdichtet. Sein Aussehen ist matt. Beim Schütten zerfällt der Frischbeton in größere Brocken, die überwiegend etwas größer sind als das Gießloch. Durch Tauch- und Schwinggrütter ist keine Verdichtung möglich.

Sehr steifer Beton wird für Bauwerke aus Roller Compacted Concrete (RCC) eingesetzt. Er wird mit Rutelwalzen verdichtet.

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

Erklärung Konsistenz
 • Konsistenzbereiche
 • Konsistenz für verschiedene Versuche
 • Versuche zur Konsistenzbestimmung

Bei der Konsistenzbestimmung unterscheidet man zwischen verschiedenen Konsistenzbereichen. Diese sind in der Tabelle unten aufgeführt:

Konsistenzbereich	Konsistenzmaß	Versuch
sehr steif	sehr steif	sehr steif
steif	steif	steif
plastisch	plastisch	plastisch
weich (Begelkonsistenz)	weich (Begelkonsistenz)	weich (Begelkonsistenz)
sehr weich	sehr weich	sehr weich
fließfähig	fließfähig	fließfähig
sehr fließfähig	sehr fließfähig	sehr fließfähig

[illegible]

http://www.wiba.net.de - Konsistenz - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Stife Konsistenz

Quelle: Bauteil- und Bauteilprüfung, Springer-Verlag

Konsistenz

Vorlesen lassen

Der Feinanteil des Betons ist etwas weniger steifhaucht. Der Frischbeton lagert sich beim Schütten noch los. Er lässt sich durch kräftig wirkende Rüttler oder durch kräftiges Stampfen in danner Schüttung verdichten.

Verwendung:

- massige unbewehrte oder schwach bewehrte Bauteile (z. B. Stützmauern)
- Betonfahrbahnen
- Beton für sofortige Entschalung

BEENDEN

Die Ergebnisse der Konsistenzbestimmung werden in den Konsistenzwerten für verschiedene Betongüten umgerechnet. Für die Konsistenzbestimmung ist die Konsistenzbestimmung...

INHALT

Die Ergebnisse der Konsistenzbestimmung werden in den Konsistenzwerten für verschiedene Betongüten umgerechnet. Für die Konsistenzbestimmung ist die Konsistenzbestimmung...

ZURÜCK

Die Ergebnisse der Konsistenzbestimmung werden in den Konsistenzwerten für verschiedene Betongüten umgerechnet. Für die Konsistenzbestimmung ist die Konsistenzbestimmung...

WEITER

Internet

http://www.wsls.net.de - Konsistenz - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Plastische Konsistenz

Der Frömmel des Betons ist wichtig. Beim Schütten fällt der Beton, obwohl bei knapp zusammenhängend. Plastischer Beton wird am besten durch Rütteln verdichtet, notfalls auch durch Stochern oder Stampfen.

Plastischer Beton ist besonders geeignet für alle bewehrten und unbewehrten Bauteile, von denen nicht nur eine chemische Einwirkung und ggf. auch eine besondere Qualität der Sichtflächen verlangt werden.

```

graph TD
    A[BEENDEN] --> B[Erkennung Konsistenz]
    B --> C[Konsistenzbestimmung]
    C --> D[Konsistenzbestimmung für bewehrten Beton]
    C --> E[Konsistenzbestimmung für unbewehrten Beton]
    E --> F[Konsistenzbestimmung für unbewehrten Beton]
    F --> G[Konsistenzbestimmung für unbewehrten Beton]
    G --> H[Konsistenzbestimmung für unbewehrten Beton]
    
```

Internet

http://www.wiba.net.de - Konsistenz - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Sehr weiche Konsistenz

Der Eindringtiefen des sehr weichen Betons ist flach. Der Eindringtiefen zeigt beim Schieben eine ausgeprägte Neigung zum Fließen. Eine Verfestigung erfolgt durch leichtes Bursien oder Strocheln. Der Beton wird unter welcher Belastung mit Wasser, d. h. ohne verflüssigende Betonzusatzmittel hergestellt, so neigt er zum Entmischen.

Die Einsatzgebiete umfassen Beton in enger Schalung und mit dichter Bewehrung.

BEENDEN

INHALT

⬅ ZURÜCK

WEITER ➡

1. Einführung in Konsistenz

2. Konsistenzbestimmung

3. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

4. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

5. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

6. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

7. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

8. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

9. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

10. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

11. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

12. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

13. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

14. Konsistenzbestimmung für weiche Konsistenz

Sehr weiche Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Sehr weiche Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Sehr weiche Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Sehr weiche Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Sehr weiche Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Flache Konsistenz

Frischbeton mit fließfähiger Konsistenz

Vorfesen lassen

Fließfähige und sehr fließfähige Konsistenz

Beton mit dieser Konsistenz darf nur als Frischbeton verwendet werden. Er hat eine nahezu flüssige Konsistenz und lässt sich leicht in den Schalungsboden ausbreiten. Er ist geeignet für das Verarbeiten von Beton in engen Räumen und für das Verarbeiten von Beton in Schalungen mit einer Dicke von weniger als 10 cm.

[illegible]

3 <http://www.wiba.net.de> - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Konsistenzklassen

Die Konsistenzklassen sind spezifisch für die einzelnen Versuche zur Konsistenzbestimmung. Es gibt z. B.

- die Konsistenzklassen C0 - C3 für den Verdichtungsversuch
- die Konsistenzklassen V0 - V4 für den Ausbreitversuch
- die Konsistenzklassen S1 - S5 für den Setzmaßversuch

Mit zunehmender Nummer bezeichnen die Konsistenzklassen jeweils flüssigere Betone.

Von den Konsistenzklassen muss man die Konsistenzbereiche und die Konsistenzmaße unterscheiden. Konsistenzbereiche gelten nicht nur für einen Versuch, sondern bezeichnen die Konsistenz des Betons mit einem qualitativen Begriff. So entsprechen z. B. die Konsistenzklassen C0 und F3 dem Konsistenzbereich "weich". Nach DIN 1045 z sind die Konsistenzbereiche jedoch nur für den Ausbreit- und Verdichtungsversuch definiert.

BEENDEN

INHALT

WEITER

FEIG

Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Verdichtungsmaßklassen

Um den Beton hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit zu charakterisieren, hat sich bei Ausbreitmaß und Verdichtungsmaß die Einführung von Konsistenzbereichen als zweckmäßig erwiesen.

Der Konsistenzbereich weich wird auch als Regelkonsistenz bezeichnet, denn dieser Beton wird wegen seiner leichten Verarbeitbarkeit in allgemeinen auch bei Baustellen eingesetzt, wo im Grunde auch eine stoffliche Konsistenz ausreichen würde.

Verdichtungsmaßklassen	Konsistenzklasse	Verdichtungsmaß < []
sehr steif	C0	> 1,46
steif	C1	1,42 - 1,26
plastisch	C2	1,22 - 1,11
weich	C3	1,10 - 1,04
sehr weich		-
fließfähig		-
sehr fließfähig		-

BEENDEN

INHALT

WEITER

FEIG

Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Ausbreitmaßklassen

Um den Beton hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit zu charakterisieren, hat sich bei Ausbreitmaß und Verdichtungsmaß die Einführung von Konsistenzbereichen als zweckmäßig erwiesen.

Der Konsistenzbereich weich wird auch als Regelkonsistenz bezeichnet, denn dieser Beton wird wegen seiner leichten Verarbeitbarkeit in allgemeinen auch bei Baustellen eingesetzt, wo im Grunde auch eine stoffliche Konsistenz ausreichen würde.

Ausbreitmaßklassen	Konsistenzklasse	Ausbreitmaß [mm]
sehr steif	-	-
steif	F1	< 340
plastisch	F2	330 - 410
weich	F3	400 - 480
sehr weich	F4	460 - 500
fließfähig	F5	500 - 620
sehr fließfähig	F6	> 620

BEENDEN

INHALT

WEITER

FEIG

Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Vébénaklassan

Das Konsistenzprüfverfahren Setztzeit (Vébé-Test) ist nur durch Klassen und Maßzahlen charakterisiert.

Konsistenzklasse	Setztzeit [s]
V0	> 31
V1	31 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4	5 - 3

BEENDEN

INHALT

WEITER

FEIG

Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Slumpmaßklassen

Das Konsistenzprüfverfahren Setzmaß (Slumpmaß) ist nur durch Klassen und Maßzahlen charakterisiert:

Konsistenzklasse	Setzmaß [mm]
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 130
S4	160 - 210
S5	≥ 220

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

3 Fertig Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Vergleich der Konsistenzklassen

In der unten stehenden Tabelle werden die verschiedenen Konsistenzklassen gegenübergestellt.

Ausbreitmaß		Verdichtungsmaß		Setzmaß		Verlebensmaß	
Konsistenzklasse	Konsistenzmaß f [mm]	Konsistenzmaß s [mm]	Verdichtungsmaß c [mm]	Setzmaß s [mm]	Konsistenzmaß f [mm]	Verlebensmaß t [mm]	Konsistenzklasse
sehr steif	-	-	CO	> 1,46	-	-	
steif	F1	< 3,40	C1	1,45 - 1,26	-	-	
plastisch	F2	3,50 - 4,00	C2	1,25 - 1,11	10 - 40	S1	> 31
weich	F3	4,00 - 4,80	C3	1,10 - 1,04	50 - 90	S2	31 - 21
sehr weich	F4	4,90 - 5,50	-	-	100 - 130	S3	20 - 11
fließfähig	F5	5,60 - 6,00	-	-	160 - 210	S4	10 - 6
sehr fließfähig	F6	> 6,00	-	-	≥ 220	S5	5 - 3

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

3 Fertig Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Konsistenzmaße

Konsistenzmaße bezeichnen den bei einem bestimmten Versuch erhaltenen Zahlenwert. Es gibt z. B.

- Verdichtungsmaß c [mm]
- Ausbreitmaß f [mm]
- Setzzeit t_s [s]
- Setzmaß s [mm]

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

3 Fertig Internet

3 <http://www.wiba.net.de> - Kursansicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Beispiele für Konsistenzklassen, -maße und -bereiche

Vorlesen lassen

Ein Frischbeton mit einem Ausbreitmaß von 433 mm hat die Konsistenzklasse F3 und gehört zum Konsistenzbereich "weich".

Ein Frischbeton mit einem Verdichtungsmaß von 1,20 hat die Konsistenzklasse C2 und gehört zum Konsistenzbereich "plastisch".

Ein Frischbeton mit einem Ausbreitmaß von 584 mm hat die Konsistenzklasse F5 und gehört zum Konsistenzbereich "fließfähig".

Ein Frischbeton mit einem Setzmaß von 15 mm hat die Konsistenzklasse S1. Durch das Setzmaß lässt sich ihm kein Konsistenzbereich zuordnen.

Vorlesen lassen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

3 Fertig Internet

http://www.wiba.net.de - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Fließfähiger Beton

- für Fließbeton, d. h. für Bauteile, bei denen nur wenige Einbauteile zur Verfügung stehen
- ungeeignet für geringe Betonoberflächen

Selbstverdichtender Beton

- für Bauteile, bei denen kein normales Verdichten möglich ist
- für Sichtbeton
- für Bauteile, bei denen nur sehr wenige Einbauteile zur Verfügung stehen
- ungeeignet für geringe Betonoberflächen

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

fertig Internet

http://www.wiba.net.de - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Vorlesen lassen

Konsistenzen für verschiedene Einsatzzwecke

Der Einsatzzweck des Betons ist maßgebend für die Wahl der Konsistenz des Frischbetons. Dabei müssen Sie unterscheiden zwischen Abhängigkeit der Betonkonsistenz von Transport, Einbringen, Verdichten und der Abhängigkeit bzgl. des Bauteils (Geometrie, Bewehrungsgrad etc.)

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

Ein Stützgang Konsistenz:
 + Konsistenzbereiche
 + Versuche für vor-
 + Versuche zur Konsistenzbestimmung

Veränderungen in der Frischbetonkonsistenz durch Verfestigung an der Frischbetonoberfläche

fertig Internet

http://www.wiba.net.de - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Anforderungen an die Frischbetonkonsistenz in Abhängigkeit vom Bauteil

Bedingt durch die gewählten Konsistenzen des Frischbetons ergeben sich unterschiedliche Einsatzzwecke.

Konsistenzbereich Einsatzzweck (Bezug Bauteil)

Sehr steifer Beton

- für Bauteile aus Roller Compacted Concrete

Steifer Beton

- für massive unbewehrte oder schwach bewehrte Bauteile (z. B. Stützmauern)
- für Betonfahrbahnen
- für Betonsteine, die sofort entkalkt werden müssen
- ungeeignet für Bauteile mit enger Schalung oder mit dichter Bewehrung

Plastischer Beton

- für alle bewehrten und unbewehrten Bauteile, von denen nicht nur eine genügend hohe Festigkeit, sondern auch eine gewisse Stützfähigkeit und Widerstandsfähigkeit des Betons gegen chemische Einwirkung und ggf. auch eine besondere Qualität der Sichtflächen verlangt werden

Weicher Beton

- für Bauteile in enger Schalung
- für Bauteile mit dichter Bewehrung
- für Bauaufgaben, bei denen plastischer Beton mit höherem Verarbeitungsaufwand

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

fertig Internet

http://www.wiba.net.de - Kuransicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Anforderungen an die Frischbetonkonsistenz in Abhängigkeit von Transport, Einbau und Verdichtung

Je nach Art des Transports, des Einbringens oder des Verdichtens sind unterschiedliche Frischbetonkonsistenzen zu empfehlen.

Abhängigkeit von Transport, Einbringen und Verdichten (für geeignet, + für bedingt geeignet, - für ungeeignet)

Transport/Einbringen/Verdichten	sehr steif	steif	plastisch	weich	flüssig	sehr flüssig
Transport: Kipper	+	+	+	+	+	-
Transport: Silowagen	+	+	+	+	+	-
Transport: Falmischer	+	+	+	+	+	+
Einbringen: Freieinbau	+	+	+	+	+	-
Einbringen: Kibbel	+	+	+	+	+	+
Einbringen: Betonpumpe	-	-	+	+	+	+
Einbringen: Rutsche	-	-	+	+	+	+
Verdichten: stampfen, walzen	+	+	+	+	-	-
Verdichten: schütten	+	+	+	+	-	-
Verdichten: schütten (dicht)	-	+	+	+	-	-
Verdichten: stochern (dicht)	-	+	+	+	+	(+)
Verdichten: stochern und kugeln	-	-	-	-	+	+
kein Verdichten	-	-	-	-	-	+

BEENDEN INHALT ZURÜCK WEITER

Veränderungen in der Frischbetonkonsistenz durch Verfestigung an der Frischbetonoberfläche

Veränderungen in der Frischbetonkonsistenz durch Verfestigung an der Frischbetonoberfläche

fertig Internet

[illegible]

http://www.onsite.de/ Kursinhalt Nr. Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Versuche zur Konsistenzbestimmung

Zur Beschreibung der Konsistenz gibt es vier voneinander unabhängige unterschiedliche Versuchsmethoden. Diese sind

- Autokonsistenzversuch
- Interkonsistenzversuch
- Plausibilitätsversuch
- Widerspruchversuch.

Jeder Konsistenzversuch liefert eine zahlenmäßige Beschreibung der Konsistenz, das Konsistenzmaß. Diese werden in Konsistenzklassen zusammengefasst.

Die Versuche sind unterschiedlich gut für bestimmte Konsistenzen geeignet. z. B. ist das Autokriterium eher für weichen, das Widerspruchskriterium eher für starken Konsenz geeignet.

BEWERTEN

INHALT

4 ZURÜCK

WEITER ▶

Copyright © 2011 by Pearson Education, Inc., publishing under the Pearson Benjamin Cummings imprint. All rights reserved.

Konsistenzbestimmung

1

Anforderungen an die Frischbetonkonsistenz in Abhängigkeit vom Bauteil

Bedingt durch die gewählten Konsistenz des Frischbetons ergeben sich unterschiedliche Einsatzzwecke.

Vorlesen lassen

Konsistenzbereich

Einsatzzweck (Bezug Bauteil)

Sehr starrer Beton

- Für Bauteile aus Roller Compacted Concrete

Starrer Beton

- Für massige unbewehrte oder schwach bewehrte Bauteile (z. B. Stützmauern)
- Für Betonkernschichten
- Für Bauteile, die nicht entlastet werden müssen
- Ungeeignet für Bauteile mit enger Schalung und mit starker Bewehrung

Flüssiger Beton

- Für alle bewehrten und unbewehrten Bauteile, von denen nicht nur eine geringere Menge benötigt wird, sondern auch eine größere Menge erforderlich ist, wenn die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen Verformungen im Betonwerkstoff eine besondere Qualität der Stoffischen verlangt werden.

Weicher Beton

- Für Bauteile in enger Schalung
- Für Bauteile mit starker Bewehrung
- Für Bauteile, bei denen der flüssige Beton verwendet werden könnte, jedoch mit höherem Verformungsmaß

Fließfähiger Beton

BEWEISEN

Erläutern und demonstrieren
konkrete Beispiele
Veranschaulichen die Konzepte

INHALT

Einleitung
1. Einleitung
2. Einleitung
3. Einleitung
4. Einleitung
5. Einleitung
6. Einleitung
7. Einleitung
8. Einleitung
9. Einleitung
10. Einleitung
11. Einleitung
12. Einleitung
13. Einleitung
14. Einleitung
15. Einleitung
16. Einleitung
17. Einleitung
18. Einleitung
19. Einleitung
20. Einleitung
21. Einleitung
22. Einleitung
23. Einleitung
24. Einleitung
25. Einleitung
26. Einleitung
27. Einleitung
28. Einleitung
29. Einleitung
30. Einleitung
31. Einleitung
32. Einleitung
33. Einleitung
34. Einleitung
35. Einleitung
36. Einleitung
37. Einleitung
38. Einleitung
39. Einleitung
40. Einleitung
41. Einleitung
42. Einleitung
43. Einleitung
44. Einleitung
45. Einleitung
46. Einleitung
47. Einleitung
48. Einleitung
49. Einleitung
50. Einleitung
51. Einleitung
52. Einleitung
53. Einleitung
54. Einleitung
55. Einleitung
56. Einleitung
57. Einleitung
58. Einleitung
59. Einleitung
60. Einleitung
61. Einleitung
62. Einleitung
63. Einleitung
64. Einleitung
65. Einleitung
66. Einleitung
67. Einleitung
68. Einleitung
69. Einleitung
70. Einleitung
71. Einleitung
72. Einleitung
73. Einleitung
74. Einleitung
75. Einleitung
76. Einleitung
77. Einleitung
78. Einleitung
79. Einleitung
80. Einleitung
81. Einleitung
82. Einleitung
83. Einleitung
84. Einleitung
85. Einleitung
86. Einleitung
87. Einleitung
88. Einleitung
89. Einleitung
90. Einleitung
91. Einleitung
92. Einleitung
93. Einleitung
94. Einleitung
95. Einleitung
96. Einleitung
97. Einleitung
98. Einleitung
99. Einleitung
100. Einleitung

WEITER

ZURÜCK

100

© Pearson

http://www.wiba.net.de Konsenstsch - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Bestimmung des Ausbreitmaßes

Beim Ausbreitversuch nach DIN 1046 wird der durch loose Einfießen in eine entsprechende Form zu einem Kegelhaufen geformte Frischbeton nach dem Entfemen dieser Form durch Schütten auf einen speziellen Tisch (Ausbreitisch) zu einem Kuchlen ausgebreitet. Das Ausbreitmaß ist der mittlere Durchmesser des Kuchlens, gemessen parallel zu den Tischkanten, mit 15-maligen Palmetäusen des Ausbreitrechtes. Der Beton muß nach dem Ausbreiten gleichmaßen und gleichmäßig sein.

Die Ausbreitmaßklassen sind ein Maß für die Konsistenz des Frischbetons.

Das Ausbreitmaß ist besser für augenscheinlich flüssigeren Beton geeignet, da steiferer Beton keinen zusammenhängenden Ausbreitkuchlen bildet.

Vorlesen lassen

Einmal den Versuch
Ausbreitmaß

Film zum
Ausbreitversuch

BEENDEN

Die Vorlesung ist beendet.
Bitte klicken Sie auf
"Beenden" um zum
Konsistenzbestimmung
zurück zu gelangen.

INHALT

Beurteilung des Ausbreitmaßes

Verminderung des Verdichtungsmaßes durch das Ausbreitmaß

Verminderung des Verdichtungsmaßes durch das Ausbreitmaß

Verminderung des Verdichtungsmaßes durch das Ausbreitmaß

WEITER

ZURÜCK

WEITER

The image shows two construction workers in safety gear (hard hats, gloves) working on a concrete surface. One worker, wearing a blue jacket, is using a hand tool to remove a concrete surface. The other worker, wearing a yellow jacket, is assisting. A label 'Ausbreitmaß' points to the area being worked on.

[illegible]

http://www.wiba-se.de - Kursseite - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Ausbreitmaßklassen

Um den letzten hinsichtlich seiner Verständlichkeit zu charakterisieren, hat sich bei Ausbreitmaß und Verdichtungsmaß die Einführung von Konsistenzbereichen als zweckdienlich erwiesen.

Der Konsistenzbereich weist nicht auch als Folgekonsistenz bezeichnet, dass dieser Bereich wird wegen seiner leichten Verständlichkeit im allgemeinen auch bei Bauteilen eingesetzt, wo im Grunde auch eine tiefere Konsistenz ausreichen würde.

Ausbreitmaßklassen		
Konsistenzschwelle	Konsistenzklasse	Ausbreitmaß [mm]
sehr tief	-	-
tief	F1	< 340
plastisch	F2	350 - 400
weich	F3	420 - 480
sehr weich	F4	490 - 550
fließfähig	F5	560 - 620
sehr fließfähig	F6	> 630

```

graph TD
    BEWERTEN[BEWERTEN] --> INHALT[INHALT]
    INHALT --> ZURÜCK[ZURÜCK]
    INHALT --> WEITER[WEITER]
    ZURÜCK --> BEWERTEN
    WEITER --> Vergleichen[Vergleichen der Konsistenz]
    Vergleichen --> Konsistenzbestimmen[Konsistenzbestimmen]
    Konsistenzbestimmen --> Ausbreitmaß_festlegen[Ausbreitmaß festlegen]
    Ausbreitmaß_festlegen --> Ausbreitmaß_festlegen
    Ausbreitmaß_festlegen --> Ausbreitmaß_festlegen
    Ausbreitmaß_festlegen --> Ausbreitmaß_festlegen
    
```

Seite 1

http://www.wiba.uni.de - Kirschnicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Bestimmung des Verdichtungsmaßes

Das Verdichtungsmaß wird mit dem Verdichtungsversuch nach DIN 1046 bestimmt. Dabei wird der gut durchgemischte Beton in einen 400 mm hohen, oben offenen Kasten mit 200×200 mm Querschnitt (bzw. eingefüllter, luftgefüllter Kasten) in drei Schichten mit dem Verdichtungsmaß ϵ in das Verhältnis der Höhe des luftgefüllten Betons zur Höhe des verdichteten Betons.

Die Verdichtungsmaßlassen sind ein Maß für die Konsistenz des Frischbetons.

Der Verdichtungsversuch eignet sich besser für eher steife Betone, da flüssigere Betone schon beim Einfüllen so weit verdichten können, dass kein aussagefähiges Verdichtungsmaß mehr bestimmt werden kann.

BEWERTEN

Die Konsistenz wird nach dem Verdichtungsversuch (DIN 1046) bestimmt. Die Konsistenz ist ein Maß für die Verarbeitbarkeit des Betons.

INHALT

Bestimmung des Verdichtungsmaßes (DIN 1046) Bestimmung des Verdichtungsmaßes (DIN 1046) Bestimmung des Verdichtungsmaßes (DIN 1046)

ZUSÄTZLICH

Verdichtungsmaß (DIN 1046) Verdichtungsmaß (DIN 1046) Verdichtungsmaß (DIN 1046)

WEITERE

Verdichtungsmaß (DIN 1046) Verdichtungsmaß (DIN 1046) Verdichtungsmaß (DIN 1046)

10/10

© Kirschnicht

http://www.welke auf die - Konsistenz - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Verdichtungsmaßklassen

Vorlesen lassen

Um den Besten hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit zu charakterisieren, hat sich bei Ausbrennma und Verdichtungsmaß die Einführung von Konsistenzbereichen als zweckmäßig erwiesen.

Der Konsistenzbereich wird auch als Spannkonsistenz bezeichnet, denn diese Daten werden selbst bei besten Verarbeitbarkeit im allgemeinen auch bei Bauteilen eingesetzt, wo im Grunde auch eine andere Konsistenz ausreichen wrdete.

Konsistenzmaklassen		
Konsistenzbereiche	Konsistenzklasse	Verdichtungsmaß ρ [%]
sehr steif	C0	> 1,46
steif	C1	1,46 - 1,26
plastisch	C2	1,25 - 1,11
weich	C3	1,10 - 1,04
sehr weich	-	-
fließfähig	-	-
sehr fließfähig	-	-

Navigation buttons: ZURÜCK, WEITER, INHALT, BEENDEN.

Central box content:

- Bestimmung der Spannkonsistenz
- Bestimmung des Verdichtungsmas
- Bestimmung des Spannkonsistenzbereichs
- Bestimmung des Verdichtungsmas

Yellow box: Verdichtungsmaßklassen

Red box: Vorlesen lassen

[illegible]

http://www.wibu.net.de Konsistenz - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Bestimmung des Vöbemaßes

Bei diesem Prüfverfahren nach DIN EN 12350, das auch als Vöbi-Test bezeichnet wird, wird die Zeit gemessen, die erforderlich ist, um einen Betondegussung von 30 cm Höhe, 10 cm oberem Durchmesser und 20 cm unterem Durchmesser mit einem konstanten Kützschneider unter gleichzeitiger Einwirkung einer Auflast in einen Zylinder von 24 cm Durchmesser umzuformen.

Der Konsistenz- als Setzzeit bezeichnet, ist besonders für Betone mit sehr steile bis abflachende Konsistenzern geeignet. Bei sehr weichen Betonen ist das Vöbemaß aufgrund der geringen Eindringtiefe der apparative Aufwand ist relativ hoch.

Die Setzzeitklassen sind ein Maß für die Konsistenz des Frischbetons.

BEENDEN

Die Prüfung ist beendet. Die Konsistenzwerte für die verschiedenen Betone sind in der Tabelle zu entnehmen.

INHALT

Bestimmung des Setzmaßes
Bestimmung des Vöbemaßes
Bestimmung des Setzmaßes
Bestimmung des Vöbemaßes

ZURÜCK

WEITER

1/1

Internet

[illegible]

http://www.wtbs.uni.de - Kursesicht - Microsoft Internet Explorer

Konsistenzbestimmung

Vorbereiten lassen

Vébémaßklassen

Das Konsistenzprüfverfahren Satzzeit (Vébé-Test) ist nur durch Klassen und Maßzahlen charakterisiert.

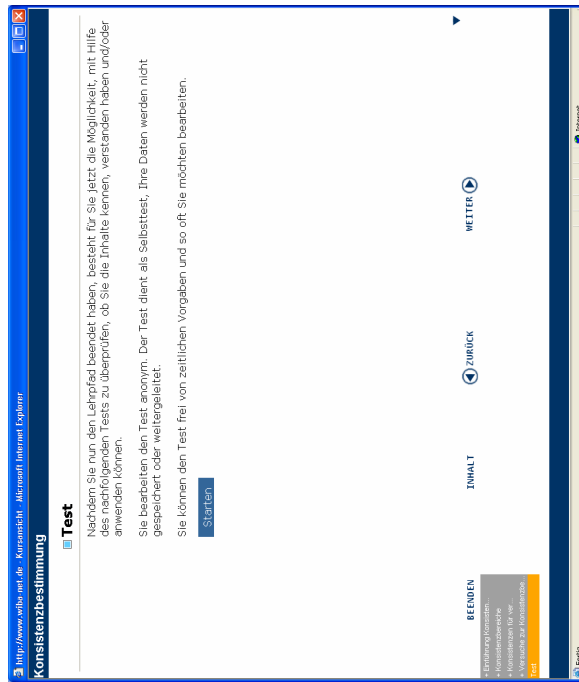
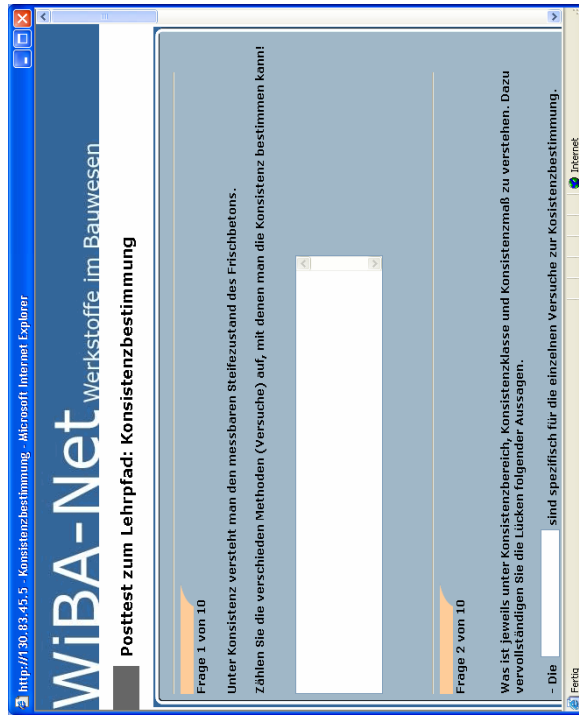
Stimmmaßklassen	Konsistenzklasse	Satzzeit, p
	V0	> 31
	V1	31-21
	V2	20-11
	V3	10-6
	V4	5-3

```

graph TD
    A[Bestimmung der Äußerungs- und Satzzeit (Vébé-Test)] --> B[Bestimmung der Konsistenzklasse]
    B --> C[Bestimmung der Satzpenalität]
    C -- Zurück --> A
    C --> D[Bestimmung der Vébé-...]
    D --> E[RECHNEN]
    E --> F[FERTIG]
  
```

Internet

fertig



Der komplette Test zum Lehrpfad Konsistenzbestimmung ist im Anhang B dargestellt.

Anhang B: Lernkontrollen

1. Übersicht der Lernkontrollen

mit:

AF: Anwendungsfall:

PV: Präsenzveranstaltung

EL: E-Learning/Blended Learning

WB: Weiterbildung

EP: E-Prüfung

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
A - Witterungsbereinigung	WB	Anforderungen an den Werkstoff	WB
Arbeiten mit OWS	WB	Ästhetik und Gestaltung von Mauerwerk	EL
AT - Aufbau von Lüftungsanlagen	WB	AT - Behaglichkeit	WB
AT - Bestandteile von Heizungsanlagen	WB	AT - Dimensionierung von Warmwasserbereitungsanl.	WB
AT - Grundlagen der Raumlufttechnik	WB	AT - Heizlastberechnung	WB
AT - Heizungssysteme	WB	AT - Trinkwassererwärmung	WB
AT - Wärmeerzeuger	WB	AT - Wärmerückgewinnung	WB
Atomaufbau	EL	Aufbau und Gefüge von Holz	EL
Bauphysik Feuchte - Wasser und Bauwerk	WB	Baurecht - Anforderungen Neu- und Bestandsbau	WB
Baurecht - Beratung und Planung im Energiebereich	WB	Baurecht - Energieberater und Fachplaner	WB
Baurecht - Energieeinsparung im Bestand	WB	Baurecht - Europäische Vorgaben u. nat. Umsetzung	WB
Baurecht - Fortschreibung der Landesbauordnungen	WB	Baurecht - Vertragsrecht und HOAI	WB
Baustofflehre 2004-12-15	PV	Baustofflehre 2005_01_05	PV
Baustofflehre 2005_01_12	PV	Baustofflehre 2005_01_19	PV
Baustofflehre 2005_02_02	PV	Baustofflehre 2006-01-04	PV
Baustofflehre 2006-01-11	PV	Baustofflehre 2006-01-18	PV
Baustofflehre 2006-01-25	PV	Baustofflehre 2006-02-01	PV
Baustofflehre 2006-02-08	PV	Baustofflehre 2006-02-15	PV
Baustofflehre DA WiBA1 - Dichte Lehrpfad	PV	Baustofflehre DA WiBA1 - Umfrage	PV

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
Baustofflehre Zufallstest WS0506	EL	BB - Anforderungen an Bestandsgebäude	WB
BB - Energetische Inspektion von Klimaanlage	WB	BB - Erneuerung der Anlagentechnik	WB
BB - Gebäudedaten und Anlagenkennwerte	WB	BB - Nachweisverfahren für Wohngebäude im Bestand	WB
BB - Vorgehen beim Bauen im Bestand	WB	Betonoberfläche und Textur	EL
Betonverarbeitung	EL	Betonzusatzmittel	EL
Betonzuschlag	EL	Carbonatisierung	EL
chemische und physikalische Charakterisierung	EL	DA Klausur SS 2002	EP
Dampfdiffusion in Bauteilen	WB	Dauerhaftigkeit der Konstruktion	EL
Dichte	EL	EA – Witterungsbereinigung I	WB
EA - Witterungsbereinigung II	WB	EB - Modernisierung der Anlagentechnik	WB
EB - Modernisierung von Außenwänden und Fassaden	WB	EB - Modernisierung von Fenstern	WB
EB - Modernisierung von Flachdächern	WB	EB - Modernisierung von geneigten Dächern	WB
EB - Modernisierungsempfehlungen für Wohngebäude	WB	EB - Schwachstellenanalyse bei Außenwänden/Fassade	WB
EB - Schwachstellenanalyse bei Fenstern	WB	EB - Schwachstellenanalyse bei Flachdächern	WB
EB - Schwachstellenanalyse bei geneigten Dächern	WB	EB - Schwachstellenanalyse bei Wohngebäuden	WB
EB - Schwachstellenanalyse der Anlagentechnik	WB	EB - Wirtschaftlichkeitsberechnung	WB
EE - Einsatz von Erneuerbaren Energien	WB	EE - Photovoltaik	WB
EE - Regenerative Energieträger und deren Nutzung	WB	EE - Sonnenenergie	WB
EE - Thermische Solarenergienutzung	WB	EE - Wärmepumpen	WB
Einführung in die EnEV	EL	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	EL
Elektrochemie	EL	Energetische Verwertung von Biomasse	EL
EnEV - Aufbau und Anforderungen	WB	EnEV - Einführung - Energieausweise	WB
EnEV - HPV - Anlagenaufwandszahlen	WB	EnEV - HPV - Einführung	WB

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
EnEV - HPV - Gebäudedaten	WB	EnEV - HPV - Interne Wärmege- winne	WB
EnEV - HPV - Jahres- Heizwärmebedarf	WB	EnEV - HPV - Jahres- Primärenergiebedarf	WB
EnEV - HPV - Lüftungswärmever- luste	WB	EnEV - HPV - Solare Wärmege- winne	WB
EnEV - HPV - Spez. flächenb. Transmissionswärmeverl.	WB	EnEV - HPV - Transmissionswär- meverluste	WB
EnEV - MBV00 - Einführung	WB	EnEV - MBV01 - Gebäudedaten	WB
EnEV - MBV02 - Transmissions- wärmeverluste	WB	EnEV - MBV03 - Lüftungswärme- verluste	WB
EnEV - MBV04 - Solare Wärme- gewinne	WB	EnEV - MBV05 - Interne Wärme- gewinne	WB
EnEV - MBV06 - Ausnutzungsgrad	WB	EnEV - MBV07 - Heizunterbre- chung	WB
EnEV - MBV08 - Anlagenauf- wandszahl	WB	EnEV - MBV09 - Jahres- Heizwärmebedarf	WB
EnEV - MBV10 - Spez. fl. Trans- missionswärmeverlust	WB	EnEV - MBV11 - Jahres- Primärenergiebedarf	WB
EnEV - MBV12 - Erdberührte Bau- teile	WB	Faserbeton	EL
Faserverstärkte Kunststoffe	EL	Feuchteschäden	EL
Gebrauchstauglichkeit	EL	Geschichte	EL
Geschichte des Glasbaus	EL	Grundbegriffe	EL
Herzlich Willkommen	EL	Holz - Anwendungsbeispiele	EL
Holz - Aufbau und Gefüge	EL	Holz - Belastungsbedingtes Ver- formungsverhalten	EL
Holz - Brandschutz	EL	Holz - Festigkeiten	EL
Holz - Holzarten	EL	Holz - Holzprodukte	EL
Holz - Holzschutzmittel	EL	Holz - Vorbeugender Holzschutz	EL
Holzbauweisen	EL	Konsistenzbestimmung	EL
Korrosionsarten	EL	Korrosionsgeschwindigkeit	EL
Korrosionsschutz im Bauwesen	EL	Leistungsfähigkeit Brücken	EL
Leistungsfähigkeit Hochhäuser	EL	Leistungssteigerung durch Werk- stoff und Konstr.	EL
Luftdichtheit	EL	Luftfeuchte und Wasser	EL
Metallkorrosion: Einführung	EL	Metallographie Teil 1	EL
Metallographie Teil 2	EL	Metallographie Teil 3	EL
Modul 5 - S1 Mikrobiologische Grundlagen	WB	Modul 5 - S2 Gesundheitsrisiken	WB

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
Möglichkeiten des Feuch- tetransports	EL	Möglichkeiten des Wärmetrans- ports	EL
Nichteisenmetalle_Aluminium	EL	Nichteisenmetalle_Einführung	EL
Nichteisenmetalle_Kupfer	EL	Nichteisenmetalle_Zink	EL
NWG - Anlagentechnik NWG	WB	NWG - Einsatz von Rechenpro- grammen	WB
NWG - Gebäudehülle NWG	WB	NWG - Referenzgebäude	WB
NWG - Teil 01 - Ablauf der Be- rechnung allg. Fall	WB	NWG - Teil 01 - Durchführung der Bilanzierung	WB
NWG - Teil 01 - Energet. Bewer- tung von Gebäuden	WB	NWG - Teil 01 - Zonierung	WB
NWG - Teil 02 - Ausnutzung von Wärmequellen	WB	NWG - Teil 02 - Interne Wärme- und Kältequellen	WB
NWG - Teil 02 - Lüftungswärme- senken /-quellen	WB	NWG - Teil 02 - Maximale Heiz- leistung	WB
NWG - Teil 02 - Maximale Kühl- leistung	WB	NWG - Teil 02 - Monatsbilanzver- fahren	WB
NWG - Teil 02 - Raumtemperatu- ren	WB	NWG - Teil 02 - Strahlungswärme- quellen /-senken	WB
NWG - Teil 02 - Transmissions- wärmesenken /-quellen	WB	NWG - Teil 03 - Ausgangsgrößen	WB
NWG - Teil 03 - Kennwertverfah- ren	WB	NWG - Teil 03 - Leistungsberech- nung	WB
NWG - Teil 03 - Luftaufbereitung	WB	NWG - Teil 03 - Luftförderung	WB
NWG - Teil 04 - Berechnungsab- lauf	WB	NWG - Teil 04 - Berücksichtigung von Tageslicht	WB
NWG - Teil 04 - E. Bewertungsleis- tung Kunstlicht	WB	NWG - Teil 04 - Einsatz von Kunstlicht	WB
NWG - Teil 04 - Grundlagen der Optik	WB	NWG - Teil 04 - Tageslichtversor- gung Dachoberlicht	WB
NWG - Teil 04 - Tageslichtversor- gung ver. Fassade	WB	NWG - Teil 05 - Heizungsanlagen	WB
NWG - Teil 05 - Wärmeerz. mit konv. Heizkesseln	WB	NWG - Teil 05 - Wärmeerzeugung mit Solaranlagen	WB
NWG - Teil 05 - Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen	WB	NWG - Teil 05 - Wärmespeiche- rung	WB
NWG - Teil 05 - Wärmeübergabe	WB	NWG - Teil 05 - Wärmeverteilung	WB
NWG - Teil 07 - Dampfversorgung	WB	NWG - Teil 07 - Grundlagen der RLT und Kühlung	WB
NWG - Teil 07 - Hilfsenergien	WB	NWG - Teil 07 - Kältebereitstellung	WB

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
NWG - Teil 07 - Kälteerzeugung	WB	NWG - Teil 07 - Nutzenergie für RLT und Kühlung	WB
NWG - Teil 08 - Trinkwassererwärmung	WB	NWG - Teil 08 - Warmwasserbereitung (kon. Kessel)	WB
NWG - Teil 08 - Warmwasserbereitung (Solaranlagen)	WB	NWG - Teil 08 - Warmwasserbereitung (Wärmepumpen)	WB
NWG - Teil 08 - Warmwasserspeicherung	WB	NWG - Teil 08 - Warmwasserverteilung	WB
NWG - Teil 09 - Kraft-Wärme-Kopplung	WB	NWG - Teil 10 - Ermittlung v. Tag- u. Nachtstunden	WB
NWG - Teil 10 - Klimadaten	WB	NWG - Teil 10 - Nutzungsrandbdgs NWG	WB
Online-Umfrage	EL	Orbitalbelegung	EL
Periodensystem	EL	Phasendiagramme Teil 1	EL
Phasendiagramme Teil 2	EL	Prüfung BAFA Frühjahr 2006	EP
Prüfung Fachplaner I Frühjahr 2006 - Teil 1	EP	Prüfung Fachplaner I Frühjahr 2006 - Teil 2	EP
Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2007 - Teil 1	EP	Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008	EP
Prüfung Fachplaner II Frühjahr 2006 - Teil 1	EP	Prüfung Fachplaner II Frühjahr 2006 - Teil 2	EP
Prüfung Fachplaner II Herbst 2005	EP	Prüfung Fachplaner II Herbst 2005 - Teil 2	EP
Reduktion der CO ₂ -Emission im Wohnungsbau	EL	Robustheit der Konstruktion	EL
Schlagregen	WB	Schottungen für elektrische Leitungsanlagen	WB
Schweißen Grundlagen	EL	Spannungs-Dehnungs-Verhalten-kaltverformter Stahl	EL
Spannungs-Dehnungs-Verhalten-warmverformter Stahl	EL	Stahlzugversuch	EL
Start-up FPI H06	WB	Start-up FPI H07	WB
Tauwassernachweis	EL	Temperatur, Wärme und Energie	EL
Temperaturverteilung in Bauteilen	EL	Theoretische Leistungsfähigkeit	EL
Tragfähigkeit	EL	Verarbeiten (Be-/Fördern, Einbringen)	EL
Verarbeiten (Verdichten)	EL	Verbrauchsstandards	WB
Wärme- und feuchtetechnische Bemessungswerte	WB	Wärmebrücken	WB
Wärmedämmstoffe	WB	Wärmeschutz von Außenwänden und Decken	WB

Test-Titel	AF	Test-Titel	AF
Wärmeschutz von Dächern	WB	Wärmeschutz von Fenstern	WB
Wärmeschutztechnische Kennwerte	WB	Wärmeschutztechnische Kennwerte von Baustoffen	WB
Wärmespeicherung	WB	Wasser und Bauwerk	WB
Wasser- und Luftgehalt, Bluten, Schalungsdruck	WB	Wassergehalt von Baustoffen	WB
Werkstoff- und Bauteilfestigkeit - Grundlagen	WB	Werkstoff- und Bauteilfestigkeit - sym. Fälle	WB
Werkstoffkombinationen	EL	Wichtige Stähle im Bauwesen - eine Einführung	EL

2. Beispiel Baustofflehre 2006_01_25

Posttest zum Lehrpfad: Baustofflehre 2006-01-25

Restliche Zeit: 11:54

Hallo, dieser kleine Test hilft Ihnen zu erkennen, ob Sie die wesentlichen Inhalte der Vorlesung verstanden haben. Das Thema der Vorlesung war: DAUERHAFTIGKEIT

Viel Erfolg!



Frage 1 von 9

Je fester der Beton ist, desto größer ist sein Widerstand gegenüber Karbonatisierung.

☐ Falsch
☐ Richtig

Frage 2 von 9

Nichtkarbonatisierter Beton schützt den Stahl auch vor Chloridkorrosion.

☐ Richtig
☐ Falsch

Frage 3 von 9

Wie lautet die chemische Gleichung für die Karbonatisierung?

☐ $\text{Ca} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
☐ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
☐ $\text{CaCO}_3 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

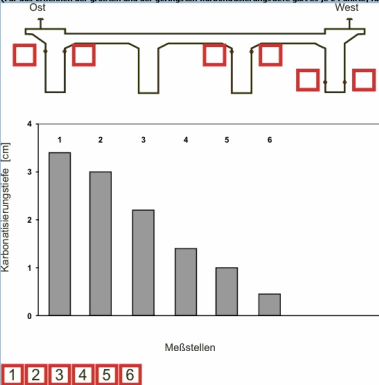
Frage 4 von 9

Wie nennt man die Schichtdicke des karbonatisierten Betons?

☐ Karbonatisierungsdicke
☐ Karbonatisierungsschadenschicht
☐ Karbonatisierungsfrost
☐ Karbonatisierungstiefe

Frage 5 von 9

Bei dem dargestellten Brückenquerschnitt wurde an den roten Meßstellen die Karbonatisierungstiefe gemessen. Ordnen Sie die Tiefen den entsprechenden Meßstellen zu.
(Für das Erkennen der größten und der geringsten Karbonatisierungstiefe gibt es je 2 Punkte, für die sonstige Punkte je 1 Punkt)



Karbonatisierungstiefe [cm]

Meßstellen	Karbonatisierungstiefe [cm]
1	3.5
2	3.0
3	2.2
4	1.5
5	1.0
6	0.5

Frage 6 von 9

Mit Phenolphthalein wird der pH-Wert von Beton gemessen. Bei welchem pH-Wert schlägt der Indikator um?

Frage 7 von 9

Warum kann es zu Korrosionsschäden kommen, wenn die Carbonatisierungsfrost die Armierung innerhalb eines Bauteils erreicht hat?

☐ Die Reaktionsprodukte der Carbonatisierung führen zu keinem erhöhten Korrosionsrisiko.
☐ Der pH-Wert sinkt in den Randbereichen des Betons auf unter 9 ab. Die passivierende Wirkung des Betons wird somit aufgehoben.
☐ Durch die chemische Reaktion der Ausgangsstoffe kommt es zur Bildung von Chloriden, die die Korrosion des Bewehrungsstahls begünstigen.
☐ Der pH-Wert steigt in den Randbereichen des Betons an. Dies führt zu einem starken Korrosionsangriff.

Frage 8 von 9

Welche Anomalie ist der Auslöser für die Wasserstropfenkorrosion und die damit einhergehende Roststringbildung?

Frage 9 von 9

Welche Faktoren nehmen direkten Einfluss auf die Carbonatisierungsgeschwindigkeit?

☐ die Betondeckung
☐ die Porosität des Betons
☐ die Umgebungsbedingungen
☐ das Bauteilalter

Auswerten Reset Beenden

3. Beispiel Konsistenzbestimmung

Konsistenzbestimmung - Microsoft Internet Explorer

Google Einstellungen

Adresse Wechseln zu

WiBA-Net

Werkstoffe im Bauwesen

Posttest zum Lehrpfad: Konsistenzbestimmung

Frage 1 von 10

Unter Konsistenz versteht man den messbaren Steifezustand des Frischbetons.

Zählen Sie die verschiedenen Methoden (Versuche) auf, mit denen man die Konsistenz bestimmen kann!

Frage 2 von 10

Was ist jeweils unter Konsistenzbereich, Konsistenzklasse und Konsistenzmaß zu verstehen. Dazu vervollständigen Sie die Lücken folgender Aussagen.

- Die sind spezifisch für die einzelnen Versuche zur Konsistenzbestimmung.
- Die DIN 1045-2 teilt die Verarbeitbarkeit des Frischbetons in unterschiedliche ein.
- bezeichnen den bei einem bestimmten Versuch erhaltenen Zahlenwert.

Fertig

Konsistenzbestimmung - Microsoft Internet Explorer

Google Einstellungen

Adresse Wechseln zu

Frage 3 von 10

Welche der folgenden Konsistenzbereiche gibt es nach der DIN 1045-2 nicht?

☐ hart
☐ weich
☐ fließfähig
☐ sehr steif
☐ steif
☐ sehr weich
☐ sehr plastisch
☐ sehr hart
☐ plastisch
☐ sehr fließfähig
☐ sehr zäh
☐ zäh

Frage 4 von 10

Ordnen Sie den unten stehenden Konsistenzklassen den passenden Konsistenzbereich zu!

F1
 F3
 F6
 C0
 C3

Fertig

Konsistenzbestimmung - Microsoft Internet Explorer

Google Einstellungen

Adresse Wechseln zu

Frage 5 von 10

Die Konsistenz des Frischbetons muss so gewählt worden sein, dass der reibungslose Einbau möglich ist. Ist der Frischbeton zum Zeitpunkt des Einbaus zu steif, kann eine Konsistenzkorrektur vorgenommen werden.

Wie wird eine solche Konsistenzkorrektur durchgeführt?

☐ Zugabe von Wasser
☐ Zugabe von Fließmittel
☐ Zugabe von Zusatzstoffen

Frage 6 von 10

Nennen Sie drei Faktoren, die die Konsistenz des bereits erstellten Frischbetons beeinflussen!

Folgende Aussagen betreffen Verfahren und Vorgehensweisen bei der Konsistenzbestimmung. Bitte ordnen Sie diesen Aussagen die richtigen Versuche zu!

Frage 7 von 10

Das entsprechende Konsistenzmaß wird durch ein 15-maliges "Fallenlassen" eines speziellen Tisches, nachdem ein darauf platzierter, mit Frischbeton gefüllter Kegelstumpf entfernt wurde, bestimmt!

Fertig

Konsistenzbestimmung - Microsoft Internet Explorer

Google Einstellungen

Adresse Wechseln zu

Frage 8 von 10

Der gut durchgemischte Beton wird randvoll in einen Kasten mit den Maßen 400 mm * 200 mm * 200 mm gefüllt und durch Rütteln verdichtet.

Frage 9 von 10

Der Frischbeton wird in ein Kegelstumpf mit einem oberen Durchmesser von 20 cm und einem unteren Durchmesser von 30 cm gefüllt. Zur Bestimmung des Konsistenzmaßes wird dieser Kegelstumpf gezogen.

Frage 10 von 10

Auf einen Betonkegelstumpf von 30 cm Höhe und einem oberen Durchmesser von 10 cm zu einem unteren von 20 cm, der auf einem genormten Rütteltisch steht, wird unter gleichzeitiger Einwirkung einer Auflast in einen Zylinder von 24 cm Durchmesser umgeformt.

Fertig

4. Beispiel Temperaturverteilung in Bauteilen

Posttest zum Lehrfad: Temperaturverteilung in Bauteilen

Restliche Zeit: 24:37

Sehr geehrter Lerner, der Test dient Ihnen zur Selbstkontrolle. Ihre Ergebnisse werden nicht personengebunden aufgezeichnet. Sie können den Test beliebig oft bearbeiten. Nach Ablauf des Countdowns erhalten Sie automatisch das Ergebnis. OWS wünscht viel Erfolg.

Frage 1 von 10

Rechenbeispiel: Welchen Wärmedurchlasswiderstand hat eine Leichtbetonwand ($\lambda = 0,55$) mit einer Schichtdicke von 1100 kg/m^3 und 30 cm Dicke?

[m² K / W]

Frage 2 von 10

Welcher Temperaturverlauf ist Ihrer Meinung nach korrekt?

Fertig

Frage 3 von 10

In abgeschlossenen Luftschichten erfolgt der Wärmetransport durch Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung. Der Anteil der Wärmeleitung ist sehr gering und spielt nur bei sehr dünnen Luftschichten eine Rolle. Dagegen ist der Einfluss der Strahlung und der Konvektion relativ groß. Der Konvektionsanteil an der Wärmeübertragung in einer Luftschicht hängt von ihrer Lage und Dicke ab.

In welchem Verhältnis steht der Wärmedurchlasswiderstand einer 2 cm dicken Luftschicht zu dem einer $0,5 \text{ cm}$ dicken Luftschicht? (Wärmestrom von oben nach unten vorausgesetzt)

- ☐ 2 cm zu $0,5 \text{ cm}$ entspr. $1,1 : 1$
- ☐ 2 cm zu $0,5 \text{ cm}$ entspr. $1,6 : 1$
- ☐ 2 cm zu $0,5 \text{ cm}$ entspr. $2,0 : 1$
- ☐ 2 cm zu $0,5 \text{ cm}$ entspr. $4,0 : 1$

Fertig

Frage 4 von 10

Je kleiner der U-Wert, desto größer der Energiesparwert.

☐ RICHTIG

☐ FALSCH

Fertig

Frage 5 von 10

In welcher Beziehung stehen Wärmedurchlass, Wärmeübergang und Wärmedurchgang? (Die Beziehung ist nicht streng mathematisch.)

- ☐ Wärmeübergang = Wärmedurchlass + Wärmedurchgang
- ☐ Wärmedurchlass = Wärmeübergang + Wärmedurchgang
- ☐ Wärmedurchgang = Wärmeübergang + Wärmedurchlass

Fertig

Frage 6 von 10

Für eine Schicht aus einem Material mit der Wärmeleitfähigkeit λ_n und der Schichtdicke d_n beträgt der Wärmedurchlasswiderstand:

- ☐ $R = \lambda / d$
- ☐ $R = d * \lambda$
- ☐ $R = d / \lambda$

Fertig

Frage 7 von 10

Ergänzen Sie die folgenden Aussagen sinnvoll.

Ein Material setzt dem Wärmestrom einen Widerstand entgegen. Dieser wird genannt.

Der beschreibt den Widerstand des Bauteils gegenüber Transmissionswärmeverlusten.

Damit zwischen Bauteiloberfläche und der angrenzenden Luft ein Wärmeübertrag statt finden kann, muss der überwunden werden.

Fertig

Frage 8 von 10

Der Wärmeübergang zwischen der umgebenden Luft und dem Bauteil wird durch die Temperaturdifferenz zwischen Luft und Bauteil verursacht. Er erfolgt durch Konvektion und Strahlung. Von welchen Faktoren ist der Wärmeübergangskoeffizient abhängig?

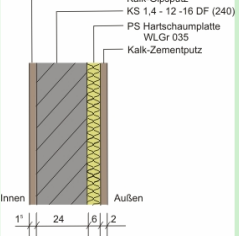
- ☐ Strömungsgeschwindigkeit
- ☐ Oberflächenbeschaffenheit
- ☐ Geometrie
- ☐ Temperatur

Fertig

http://130.83.45.5 - Temperaturverteilung in Bauteilen - Microsoft Internet Explorer

Frage 9 von 10

Berechnen Sie für folgenden Wandaufbau den Wärmedurchgangswiderstand.



Angaben:

- $\lambda_{\text{Kalk-Gipsputz}} = 0,70$
- $\lambda_{\text{Kalksandstein}} = 0,70$
- $\lambda_{\text{Hartschaumplatte}} = 0,035$
- $\lambda_{\text{Kalkzementputz}} = 0,87$
- $\rho_{\text{Kalk-Gipsputz}} = 1400$
- $\rho_{\text{Kalksandstein}} = 1400$
- $\rho_{\text{Hartschaumplatte}} = 30$
- $\rho_{\text{Kalkzementputz}} = 1800$
- $t_i = 8$
- $t_e = 23$

Tragen Sie Ihr Ergebnis bitte hier ein.

[m²K/W]

Fertig

http://130.83.45.5 - Temperaturverteilung in Bauteilen - Microsoft Internet Explorer

Frage 10 von 10

Je kleiner der Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils ist, desto besser ist seine Dämmwirkung.

☐ RICHTIG

☐ FALSCH

AUSWERTEN LÖSCHEN BEENDEN

Fertig

5. Beispiel Prüfung Fachplaner Energieeffizienz Frühjahr 2008

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Posttest zum Lehrpfad: Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008

Restliche Zeit: 44:44

Sehr geehrter Teilnehmer am Lehrgang zum Fachplaner für Energieeffizienz SW. Für den folgenden Test haben Sie 45 Minuten Zeit. Wenn Sie den Test auswerten lassen möchten, können Sie entweder die Zeit ablaufen lassen, oder Sie drücken auf den Button "Auswerten". (Bitte keinen anderen Knopf drücken). Achten Sie bitte auch darauf, dass Sie mit der Maus nicht versehentlich im Browser zurückspringen. Damit würden Ihre Daten verloren gehen. Ihr Team GeWeß wünscht viel Erfolg.

Frage 1 von 38

Unter welchen Bedingungen ist mit bevorzugtem Wachstum von Schimmelpilzen zu rechnen?

- ☐ rel. Luftfeuchte > 60 %
- ☐ rel. Luftfeuchte > 90 %
- ☐ Tauwassermiederschlag

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Frage 2 von 38

Das beheizte Volumen bei einem Dach mit Auf-Sparren-Dämmung wird begrenzt an der

- ☐ Unterkante der Sparren
- ☐ Oberkante der Sparren
- ☐ Unterkante der Dämmschicht
- ☐ Mittellinie der Dämmschicht
- ☐ Oberkante der Dämmschicht

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Frage 3 von 38

Klicken Sie auf den farbigen Behaglichkeitsbereich, halten Sie die Maustaste gedrückt und positionieren Sie den Behaglichkeitsbereich in dem folgenden Diagramm. (Anmerkung: Der Bereich mit der vollen Punktzahl ist relativ weit gefasst.)

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Frage 4 von 38

Typische Planungs- und / oder Ausführungsfehler sind:

- ☐ fehlende Rücklaufanhebung bei Brennwertkesseln
- ☐ fehlender Hydraulischer Abgleich
- ☐ fehlendes Typenschild am Heizkörper
- ☐ fehlende Rücklaufanhebung bei Standardkesseln

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Frage 5 von 38

Der Jahresnutzungsgrad eines Heizkessels

- ☐ ist bei Standardkesseln im Sommer besonders hoch
- ☐ ist niedriger als der Wirkungsgrad
- ☐ berücksichtigt die Betriebsbereitschaftsverluste
- ☐ wird bei Niedertemperaturkesseln Norm-Nutzungsgrad genannt

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

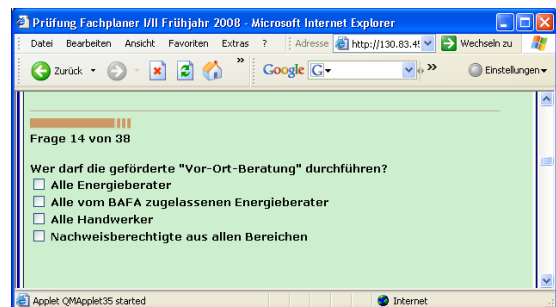
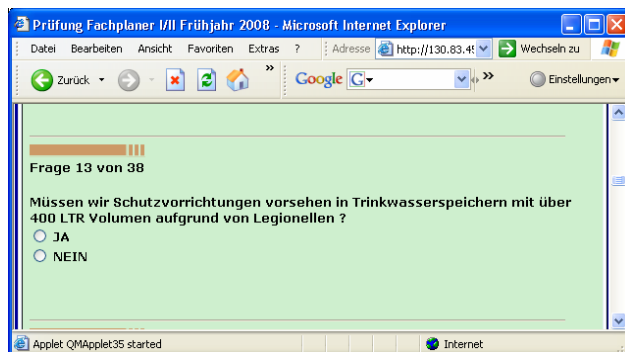
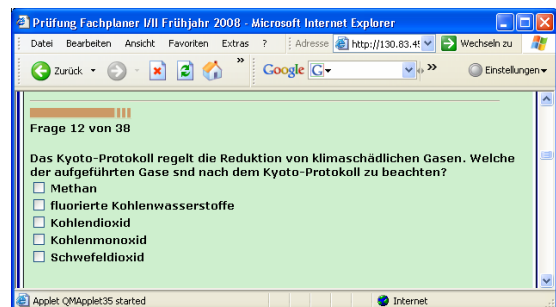
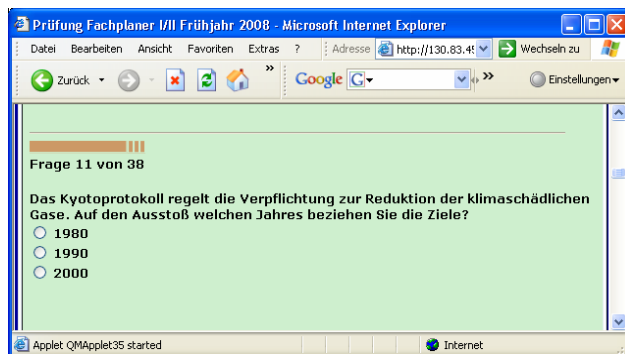
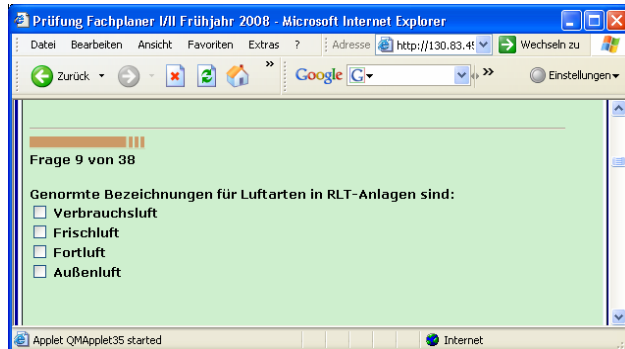
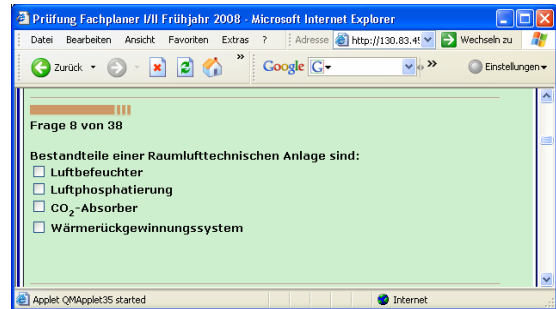
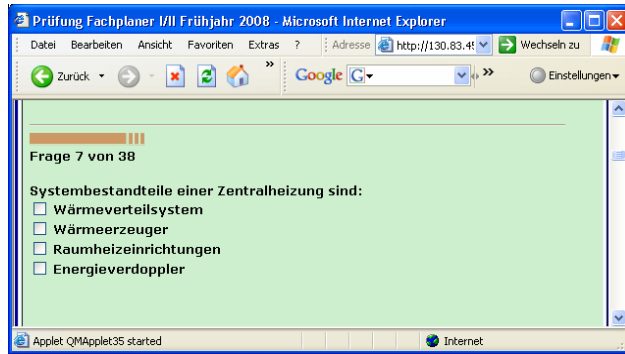
Adresse: <http://130.83.45.5/qjversion.dlf?SESSID=1315230141210629AAAH>

Frage 6 von 38

Bestandteile der Sicherheitstechnischen Ausrüstung eines Kessels sind:

- ☐ Sicherheitstemperaturbegrenzer
- ☐ Wassermangelsicherung
- ☐ Sicherheitsventil
- ☐ Sicherheitsschauglas

Applet QMAppl35 started



Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 15 von 38

Wenn man bei der Wärmepumpe als Energieträger das Grundwasser nennt, dann hat man einen Saugbrunnen und einen Schluckbrunnen zu betrachten. Was sollte man bei der Anordnung der Brunnen in Bezug auf die Strömungsrichtung des Grundwassers beachten?



- ☐ Der Schluckbrunnen muss in Fließrichtung hinter dem Saugbrunnen liegen.
- ☐ Der Schluckbrunnen muss in Fließrichtung vor dem Saugbrunnen liegen.
- ☐ Es muss diesbezüglich nichts beachtet werden.

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 16 von 38

Was ist das Ziel des Energiepasses?

- ☐ Schaffung von Transparenz der energetischen Qualität im Gebäudebestand
- ☐ Beeindruckung des Nachbarn
- ☐ Anlass zu Modernisierungsmaßnahmen
- ☐ Offenlegung der energetischen Qualität von Gebäuden

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 17 von 38

Wie hoch ist der Anteil der Raumwärme am hessischen Endenergieverbrauch? (in Prozent)

[%]

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 18 von 38

Was ist ein KfW - 60 - Haus?

Ein Gebäude mit einem / einer maximalen jährlichen...

- ☐ Endenergiebedarf von 60 kWh/(m² a)
- ☐ Primärenergiebedarf von 60 kWh/(m² a)
- ☐ Heizwärmebedarf von 60 kWh/(m² a)
- ☐ CO₂-Emission von 60 kg/(m² a)

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 19 von 38

Mit welcher Anlagendimensionierung von KWK-Anlagen läßt sich, bezogen auf die Wärmehöchstlast (WHL) der Versorgungssituation, ein Dauerbetrieb von 5000-6000 h/a realisieren?

- ☐ 50% der WHL
- ☐ 60% der WHL
- ☐ 10-20% der WHL

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 20 von 38

Welche Definition(en) für Brennstoffkostenäquivalent ist (sind) richtig?

- ☐ Brennstoffarbeitspreis geteilt durch Jahresnutzungsgrad der Kesselanlage
- ☐ Ökonomische Bewertung der Wärmeleistung einer KWK-Anlage
- ☐ Brennstoffkosten der KWK-Anlage

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

Frage 21 von 38

Aus welchen Bestandteilen setzt sich die Einspeisevergütung nach KWKG zusammen?

- ☐ Stromsteuer, Netznutzung, EEG-Abgabe
- ☐ Vermiedene Netznutzung, "Üblicher Preis", gesetzlicher Zuschlag
- ☐ KWK-Bonus, Konzessionsabgabe

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

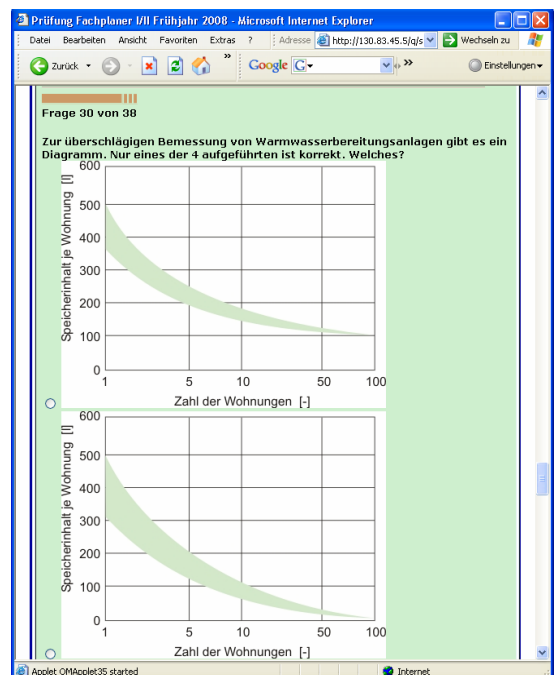
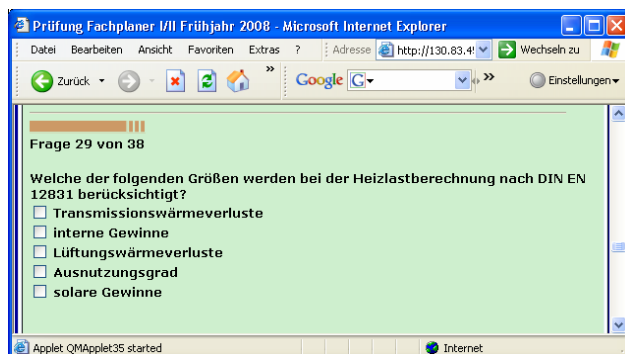
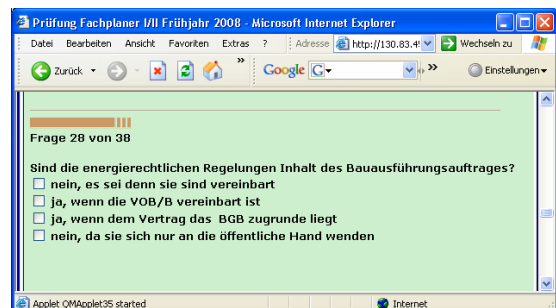
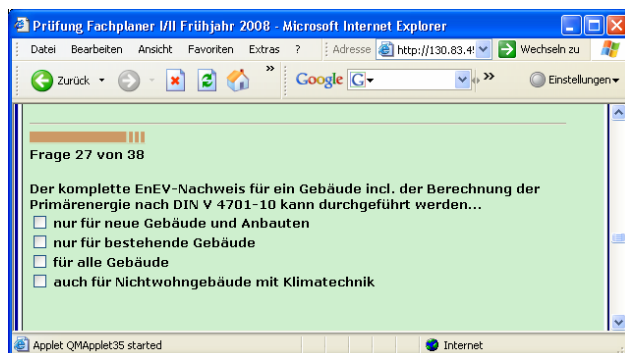
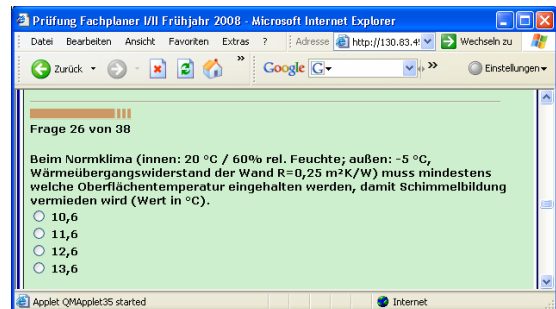
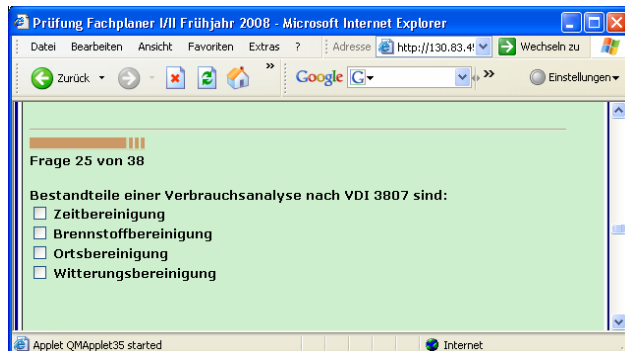
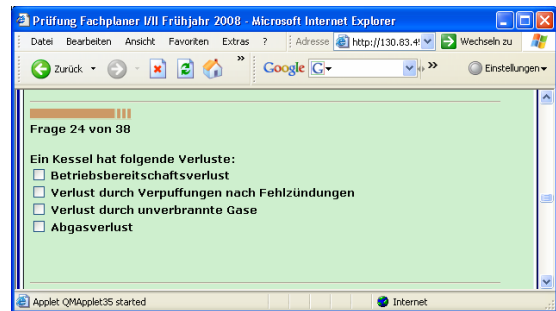
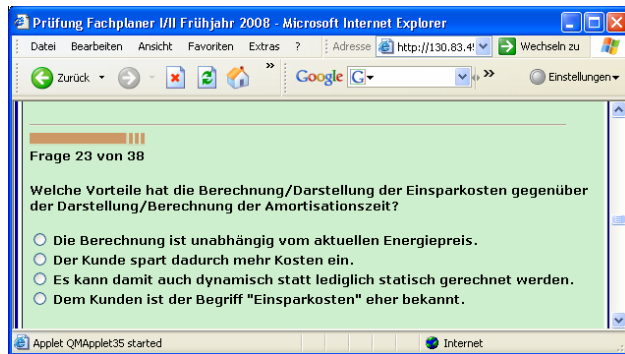
Adresse: <http://130.83.45.5/c/>

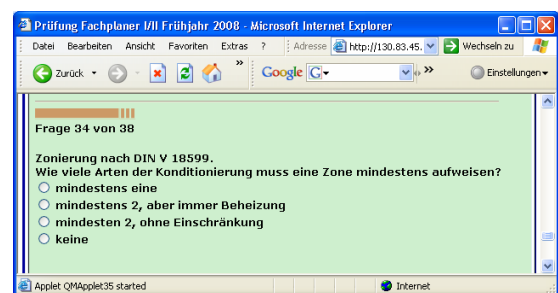
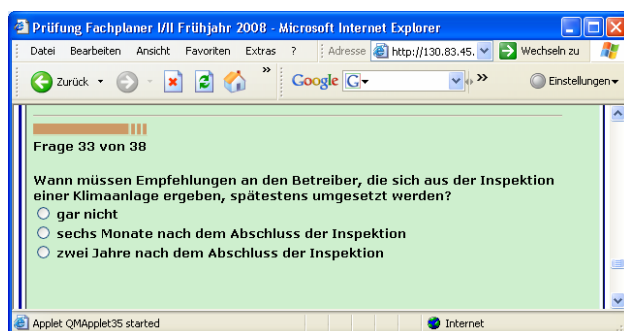
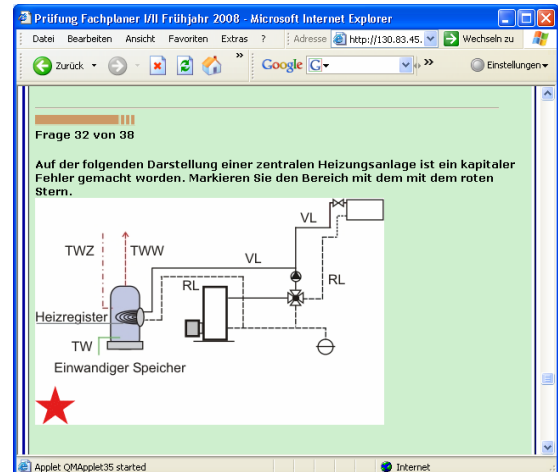
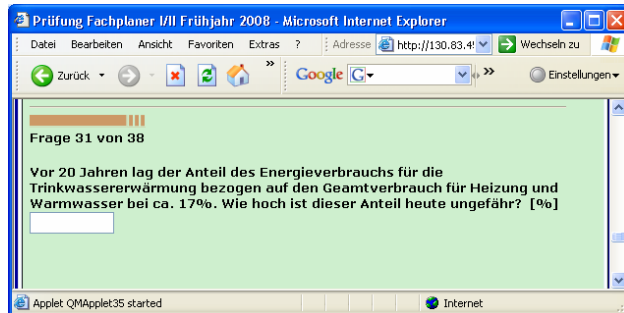
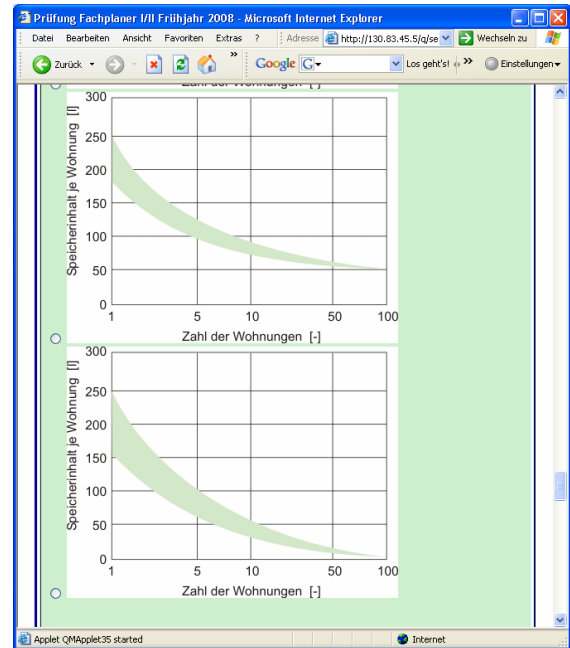
Frage 22 von 38

Was ist bei der hydraulischen Einbindung einer KWK-Anlage in eine Heizungsanlage zu beachten?

- ☐ Das KWK-Modul muss immer mit einer Rücklauftemperatur von 90°C betrieben werden.
- ☐ Das KWK-Modul muß im rechten Winkel zum Kessel aufgestellt sein.
- ☐ Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die Rücklauftemperatur des Heizungssystems 70°C nicht überschreitet.

Applet QMAppl35 started





Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: http://130.83.45.5

Frage 35 von 38

Ordnen Sie folgenden physikalischen Größen ihre Formelzeichen und Einheiten zu.

Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit
Lichtstrom		
Lichtstärke		
Beleuchtungsstärke		
Leuchtdichte		
Lichtausbeute		

lm/W	cd/m ²	lx	cd	lm
η	L	E	I	Φ

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: http://130.83.45.5

Frage 36 von 38

In den Bekanntmachungen zur EnEV 2007 sind einige Vereinfachungen in Bezug auf den Verbrauchsausweis definiert. Welche sind das?

- ☐ Man darf bei der Witterungsbereinigung sich auch auf ein anderes Referenzklima anstelle von Würzburg beziehen.
- ☐ Auf die Ermittlung des Stromverbrauchs-kennwerts bei Nichtwohngebäuden darf verzichtet werden.
- ☐ Für Liegenschaften aus mehreren Gebäuden braucht in bestimmten Fällen nur ein einziger Energieausweis ausgestellt werden.
- ☐ Die Gebäudenutzfläche darf vereinfacht mit Hilfe der Wohnfläche bestimmt werden.
- ☐ Der Verbrauch in kWh darf anhand von Brennstoffmengen mit Hilfe von tabellierten Worten bestimmt werden.
- ☐ Unerhebliche Anteile von Wohnnutzung in Nichtwohngebäuden müssen nicht gesondert betrachtet werden (jedoch Nennung).

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: http://130.83.45.5

Frage 37 von 38

Was sind Gründe, die eine Witterungsbereinigung notwendig machen?

- ☐ zeitliche Korrektur auf 12-Monats-Zeiträume
- ☐ Verringerung der Verbrauchsdaten
- ☐ Berücksichtigung des lokalen Klimas
- ☐ Verbesserung der Fassade durch Beseitigung von Witterungseinflüssen
- ☐ Vergleichbarkeit durch Normierung auf Standort Würzburg

Applet QMAppl35 started

Prüfung Fachplaner I/II Frühjahr 2008 - Microsoft Internet Explorer

Adresse: http://130.83.45.5

Frage 38 von 38

Der Wasseraufnahmekoeffizient von verschiedenen Baustoffen variiert sehr stark. Ordnen Sie die aufgeführten Baustoffe hinsichtlich dieses Koeffizienten. Beginnen Sie mit dem größten Wert.

Normalbeton

Kalkzementputz

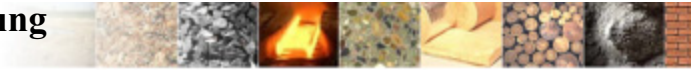
Kalksandstein ($\rho = 1636$)

Hochlochziegel ($\rho = 1155$)

Gipsbauplatte ($\rho = 900$)

AUSWERTEN LÖSCHEN BEENDEN

Applet QMAppl35 started

Anhang C: Arbeitsanleitung

Arbeitsanleitung für die Erstellung computergestützter Lernkontrollen

Eine Kurzanleitung für Autoren

1. Einführung

Im Rahmen des Forschungsprojekts Multimediales Netzwerk zur Wissensvermittlung im Fach Werkstoffe im Bauwesen für die Aus- und Weiterbildung von Bauingenieuren und Architekten, oder kurz WiBA-Net[®], wurde an der TU Darmstadt im Fachgebiet Baustoffe, Bauphysik, Bauchemie ein computergestütztes System für die Erstellung, Publikation, Durchführung und Auswertung von Lernkontrollen implementiert. Das System wird bislang vor allem von den Autoren des WiBA-Net[®] genutzt. Neue Autoren sind herzlich willkommen.

Diese Arbeitsanleitung stellt kurz die vielfältigen Möglichkeiten des Testsystems vor und zeigt den Weg, wie man eine erste nutzbare Lernkontrolle erstellt.

2. Pädagogische Kriterien

Prinzipien:

Mit dem Testsystem können nahezu alle Testarten und auch Umfragen erstellt und durchgeführt werden. Der Schwerpunkt liegt allerdings bei den Lernkontrollen. Folgende Umsetzungen werden empfohlen:

a) Präsenzveranstaltung

Erstellen Sie kurze Lernkontrollen zu ihren Vorlesungen. Durch die Ergebnisse der absolvierten Tests können Rückschlüsse auf die Leistungen Ihrer Studenten gezogen werden und Sie können steuernd in den Lernprozess eingreifen

b) E-Learning

Falls Sie Ihren Studenten E-Learning-Einheiten zur Verfügung stellen, können mit dem System zugehörige Lernkontrollen erzeugt werden.

c) E-Prüfung

Mit dem Testsystem können Sie sowohl unverbindliche als auch verbindliche Prüfungen (E-Prüfungen) erzeugen, durchführen und auswerten.

Kriterien für gute Testfragen:

Bitte definieren Sie noch vor dem Konstruieren der Testfragen ein Lernziel, das Sie mit den Testfragen letztendlich überprüfen möchten. Beachten Sie bei der Konstruktion die zugehörigen Lernzielebenen. Zu unterscheiden sind Fragen, bei denen entweder

- Wissen
- Verständnis
- Anwendung
- Analyse
- Synthese oder
- Bewertung die maßgebende Rolle spielt.

Achtung: Mit einfachen Multiple Choice Aufgaben sollten Sie nur Fragen auf den ersten drei Lernzielebenen erstellen. Für die höheren Ebenen sind komplexere Frageformen (z.B. Freitext) besser geeignet.

Bei der Formulierung der Fragen sollten die folgenden Kriterien beachtet werden:

<u>Empfohlen</u>	<u>Bitte vermeiden</u>
Missverständliche Formulierungen durch klare, eindeutige Handlungsangaben ersetzen	Komplizierte Satzkonstruktionen, etwa doppelte Verneinung oder Schachtelung
Eindeutig definierte Begriffe verwenden	Übertriebene Nutzung komplexer Fachbegriffe; funktionslose Füllwörter in der Aufgabenstellung; Fremdwörter
Schwierigkeit der Aufgabe an Zweck des Tests und der Adressatengruppe angleichen	Wechsel des Schwierigkeitsgrades gemäß Bloom-scher Taxonomie durch Verwendung „falscher“ Formulierungen
Bei Rechenaufgaben den erforderlichen Genauigkeitsgrad angeben (Ausnahme: Das Erkennen eines geeigneten Genauigkeitsgrades ist Teil der Aufgabe)	Ungenaue bzw. falsche Darstellungen von Sachverhalten
	Unnötige oder übertriebene Genauigkeit in Aufgabenstellung und den Antworten
	Unnötige Erschwernisse, die sich nicht auf das zu messende Ergebnis beziehen
	Stereotype Formulierungen

3. Testsystem Perception

Das verwendete Testsystem trägt den Namen Perception. Autoren können das System auf zweierlei Weise nutzen.

a) über das Webinterface:

Mit Hilfe eines Browsers können Sie sich direkt am System einloggen. Die zugehörige Webadresse lautet: <http://130.83.45.5/em/login.asp>

Auf dem Willkommensbildschirm müssen Sie sich mit ihrem Benutzernamen und Passwort anmelden. Diese Daten können Sie vom Administrator des System erhalten (siehe Abschnitt Kontakt / Hilfe).

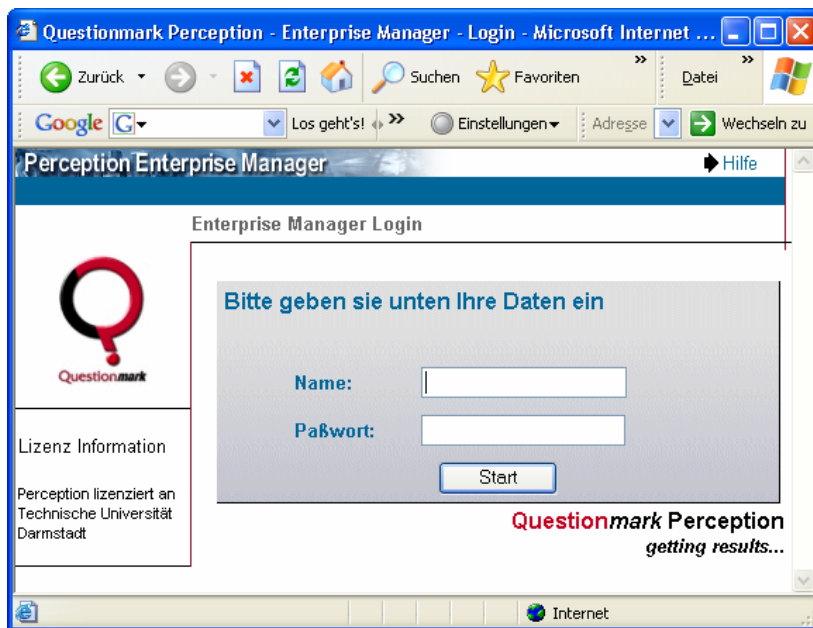


Bild 1 Startseite des Webinterface

Zu beachten ist dabei, dass bei Nutzung des Webinterfaces nicht alle Funktionen des Systems zur Verfügung stehen.

b) über die Installation auf dem Client-Rechner:

Zurzeit sind alle 5 verfügbaren Lizenzen für eine Installation der Testsoftware vergeben. Wenden Sie sich bitte an den Administrator des Systems, wenn Sie eine zusätzliche kostenpflichtige Lizenz erwerben wollen.

Die Software teilt sich auf in den Frage-Manager, mit dem Sie die einzelnen Fragen erstellen können und den Assessment-Manager, der zur Zusammenstellung der Fragen zu einem Test dient.

4. Erstellen von Fragen

Die Software Perception unterscheidet zwischen sehr vielen Fragearten, von denen die folgenden empfohlen werden:

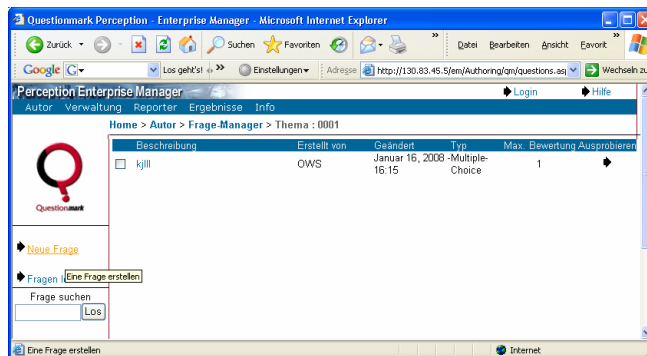
- **Multiple Choice**
- **Mehrfachantwort**
- Aufsatz
- Textfrage
- **Lückentext**
- Lückenwahlfrage
- Numerisch
- **Zuordnung**
- Drag`n Drop
- Rangordnungsfragen
- Pull Down Liste

Fett hervorgehoben sind die Fragearten, die auch von einem unerfahrenen Anwender einfach erstellt werden können.

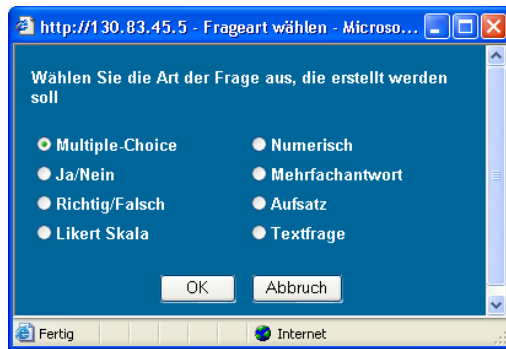
Im Folgenden wird die Erstellung einer Multiple-Choice-Aufgabe am Beispiel schrittweise erläutert.

a) über das Webinterface:

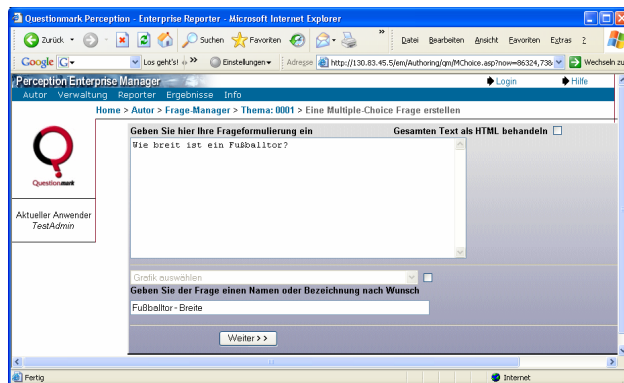
- a1) Nach dem Einloggen wählen Sie im Menu „Autor“ die Rubrik „Frage Manager“ aus.
- a2) In der dargestellten Verzeichnisstruktur sollten Sie sich einen eigenen Ordner anlegen.
- a3) Wechseln Sie in Ihren Ordner. Nur in der jeweils untersten Ordner Ebene können Fragen erstellt werden.



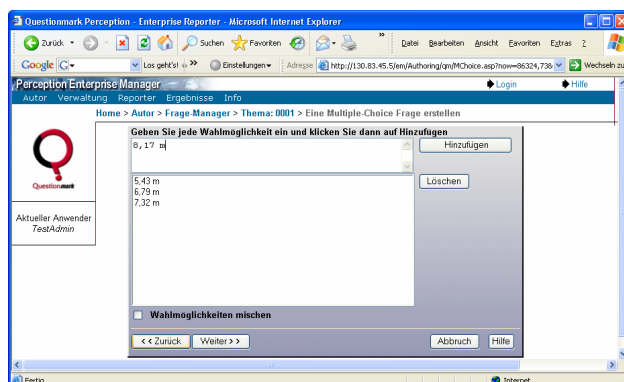
- a4) Wählen Sie die Funktion: „Eine neue Frage erstellen“.
- a5) Sie erhalten folgendes Menu angezeigt:



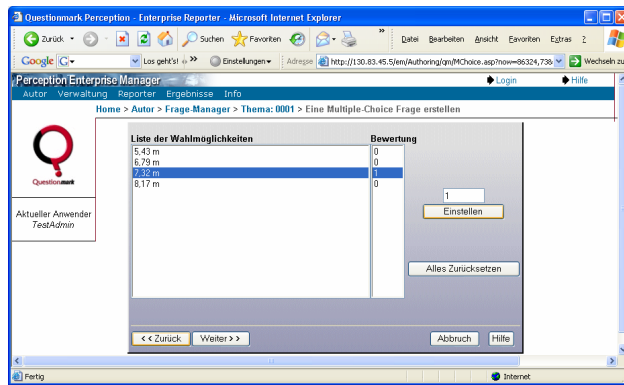
- a6) Wählen Sie für das Beispiel „Multiple Choice“ aus. (Anm. Auf diesem Weg können auch nur die angezeigten Fragearten erstellt werden.)
- a7) Als nächstes tragen Sie die Frageformulierung in das zugehörige Eingabefeld. Sie können sowohl normalen Text als beliebigen HTML-Code verwenden.



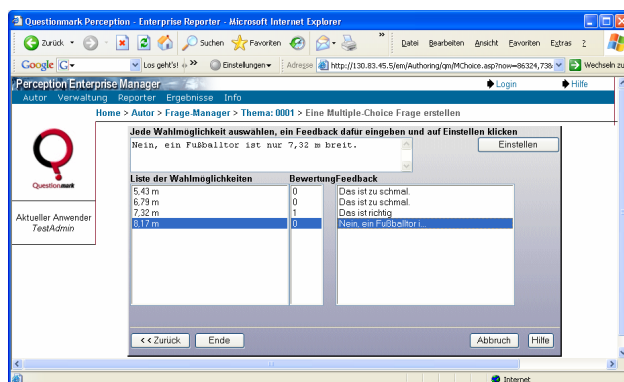
- a8) Geben Sie der Fragen eine Bezeichnung mit der sie die Frage im System leicht wieder finden können.
- a9) Als nächstes definieren Sie die Wahlmöglichkeiten (siehe Bild)



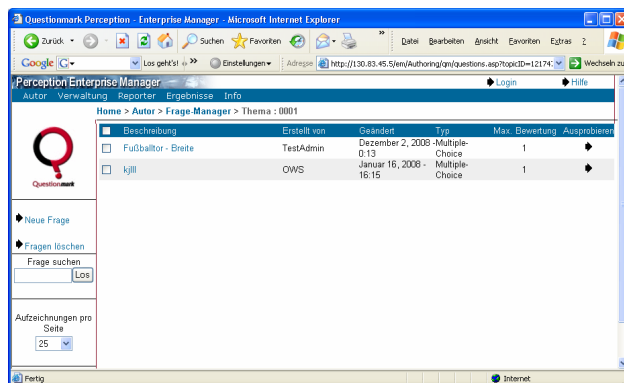
- a10) Sie können nun zum Beispiel auch wählen, ob die Wahlmöglichkeiten in zufälliger Reihenfolge angezeigt werden sollen.
- a11) Beim nächsten Schritt können Sie jeder Wahlmöglichkeit eine Bewertung in Form von Punkten zuordnen.



a12) Abschließend können Sie wählen, welches Feedback angezeigt wird, wenn eine bestimmte Wahlmöglichkeit angekreuzt wird.

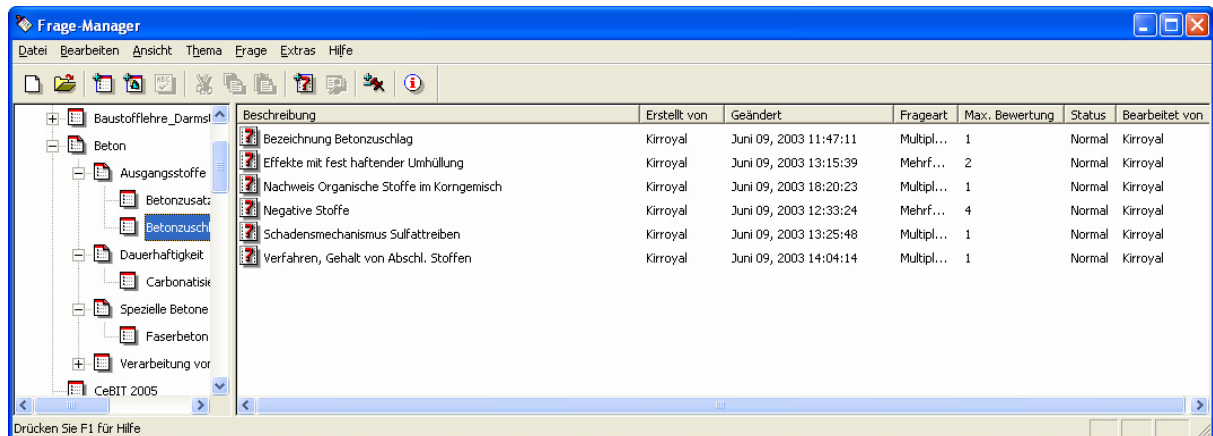


a13) Die Frage ist damit fertig erstellt und wird nun in der Verzeichnisstruktur angezeigt.

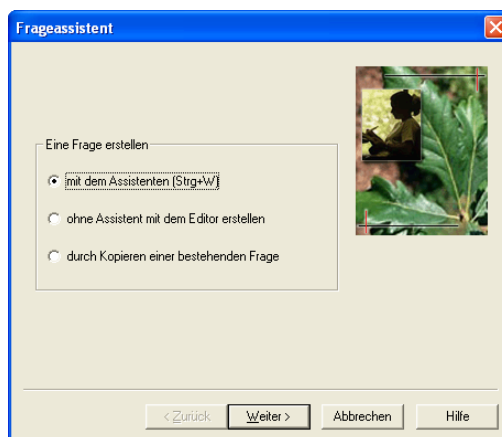


b) über die Installation auf dem Client-Rechner:

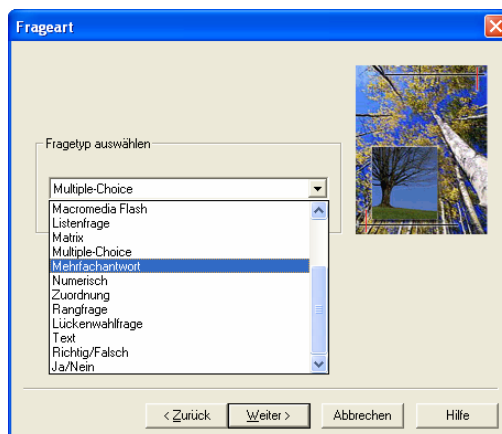
b1) Starten Sie die Anwendung „Frage Manager“ auf ihrem Rechner. Dabei können Sie nun wählen, ob eine neue Datenbank erstellt werden soll. Sie können auch eine bestehende nutzen. Letztendlich spielt dies keine Rolle, da Sie hierbei nicht direkt auf dem Testsystem arbeiten.



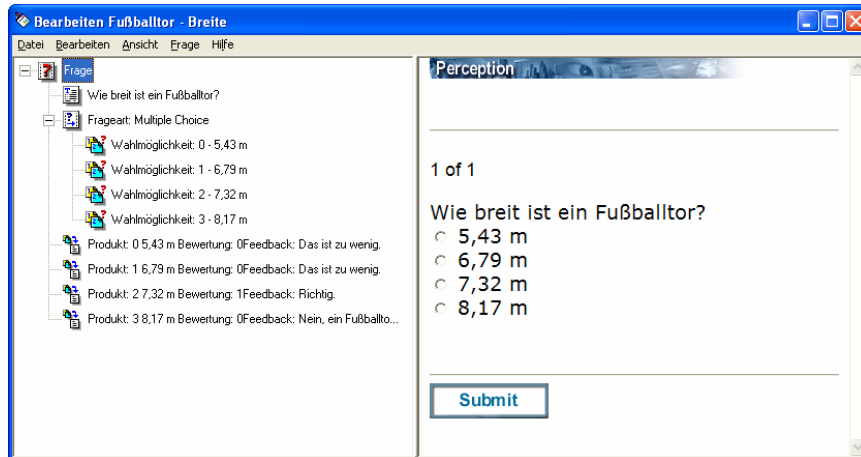
- b2) Über den Menüpunkt „Frage – Frage hinzufügen“ starten Sie das Erstellen einer neuen Frage.
- b3) Sie können zwischen den dargestellten Eingabemöglichkeiten wählen. Insbesondere Anfängern wird empfohlen den Weg über den Eingabeassistenten zu wählen.



- b4) Im nächsten Schritt wählen Sie die Frageart „Multiple Choice“ aus.



- b5) Die folgenden Schritte sind vergleichbar mit denen bei der Eingabe über das Webinterface, wie bereit ab a6) erläutert.
- b6) Eine fertig gestellte Frage stellt sich folgendermaßen dar:



Nutzen Sie diese Ansicht auch, um die Frage auszuprobieren oder um Änderungen und Ergänzungen vorzunehmen. Sie können auch jede Form von Multimedia in eine Frage integrieren.

Erfahrene Nutzer können Fragen auch direkt im XML-Format erstellen oder bearbeiten. Für das Beispiel hat die zugehörige XML-Datei folgendes Aussehen:

```
<QUESTION STATUS="Normal" DESCRIPTION="Fußballtor - Breite" TOPIC="Test"
ID="2629940552908399" TYPE="text/plain" >
<CONTENT TYPE="text/plain" >
Wie breit ist ein Fußballtor?</CONTENT>
<ANSWER QTYPE="MC" SHUFFLE="N">
<CHOICE ID="0">
<CONTENT TYPE="text/plain">5,43 m</CONTENT>
</CHOICE>
<CHOICE ID="1">
<CONTENT TYPE="text/plain">6,79 m</CONTENT>
</CHOICE>
<CHOICE ID="2">
<CONTENT TYPE="text/plain">7,32 m</CONTENT>
</CHOICE>
<CHOICE ID="3">
<CONTENT TYPE="text/plain">8,17 m</CONTENT>
</CHOICE>
</ANSWER>
<OUTCOME ID="0 5,43 m" SCORE="0">
<CONDITION >"0"</CONDITION>
<CONTENT TYPE="text/plain">Das ist zu wenig.</CONTENT>
</OUTCOME>
<OUTCOME ID="1 6,79 m" SCORE="0">
<CONDITION >"1"</CONDITION>
<CONTENT TYPE="text/plain">Das ist zu wenig.</CONTENT>
</OUTCOME>
<OUTCOME ID="2 7,32 m" SCORE="1">
<CONDITION >"2"</CONDITION>
<CONTENT TYPE="text/plain">Richtig.</CONTENT>
</OUTCOME>
```



```

<OUTCOME ID="3 8,17 m" SCORE="0">
<CONDITION >"3"</CONDITION>
<CONTENT TYPE="text/plain">Nein, ein Fußballtor ist 7,32 m breit.</CONTENT>
</OUTCOME>
</QUESTION>

```

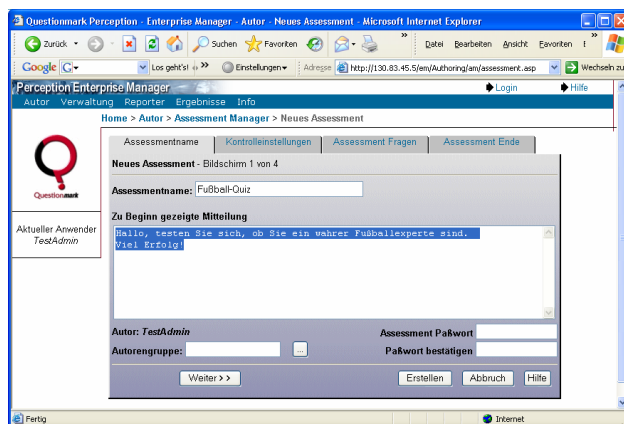
Für das Erstellen einer solchen Frage braucht man bei beiden Verfahren nur wenige Minuten.

5. Erstellung von Lernkontrollen

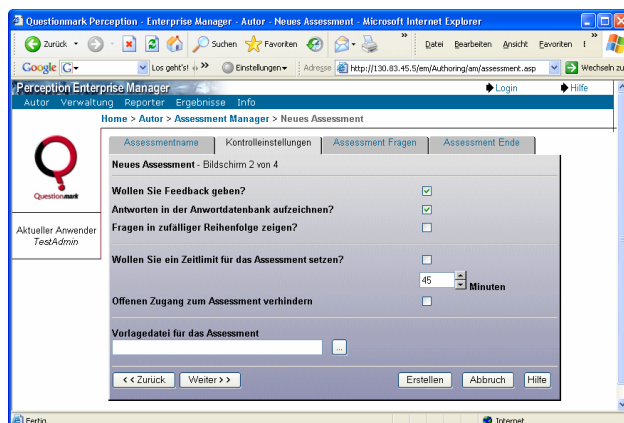
Auch die Konstruktion der Lernkontrollen kann sowohl über das Webinterface als auch mit Hilfe der fest installierten Version erfolgen.

a) über das Webinterface:

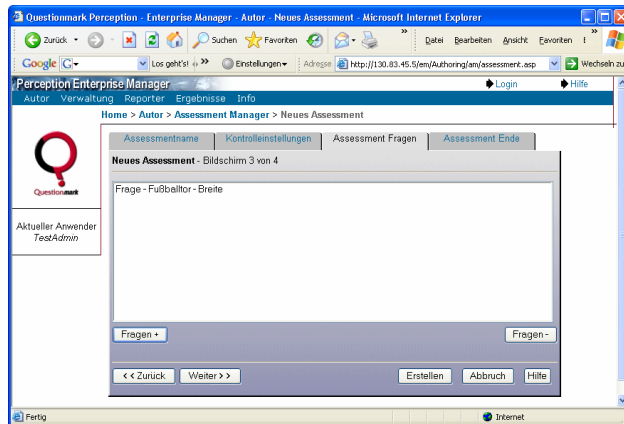
- a1) Nach dem Einloggen wählen Sie im Menu „Autor“ die Rubrik „Assessment Manager“ aus.
- a2) Sie legen eine neue Lernkontrolle an, indem Sie auf „Neues Assessment“ klicken.
- a3) Nun müssen Sie der Lernkontrolle einen Namen geben und können eine einführende Mitteilung formulieren.



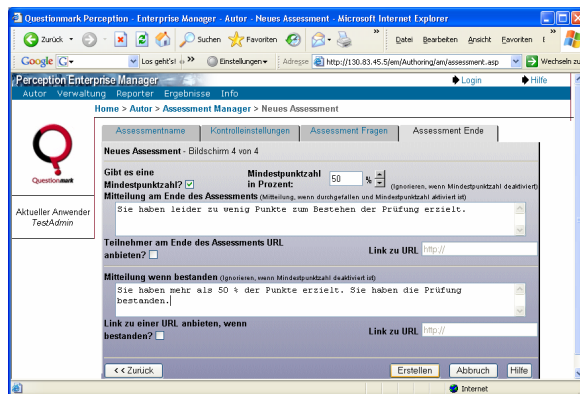
a4) Beim nächsten Reiter müssen Sie keine Änderungen vornehmen.



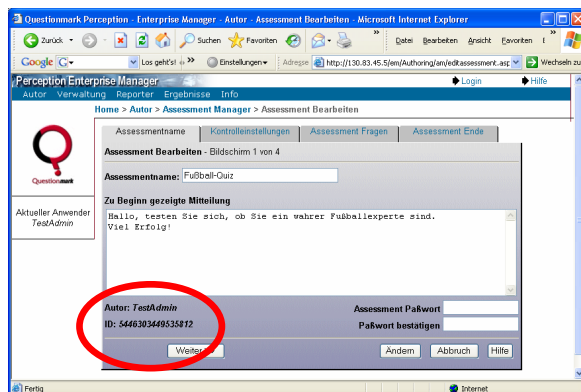
- a5) Im nächsten Schritt bestimmen Sie die Fragen, die im Test angezeigt werden sollen. Mindestens eine Frage muss ausgewählt werden. Die Fragen müssen zuvor erstellt worden sein:



- a6) Mit Hilfe des abschließenden Reiters legen Sie die Auswertungskriterien für die Lernkontrolle fest. Sie können für unterschiedlich gute Ergebnisse auch unterschiedliche Rückmeldungen an den Lerner geben:

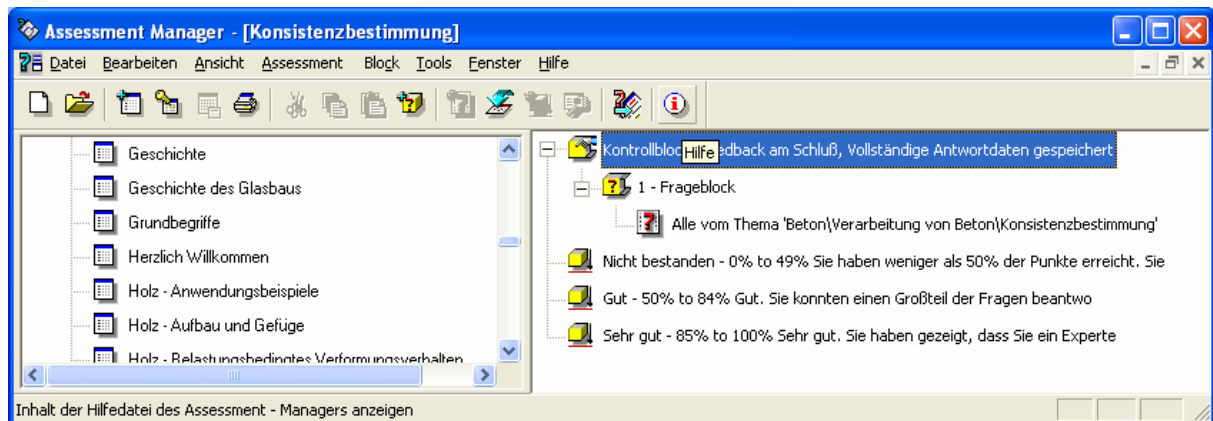


- a7) Mit einem letzten Klick auf „Erstellen“ publizieren Sie die Lernkontrolle direkt auf dem Server. Um diese von einem anderen System aus, zum Beispiel über einen einfachen Link, aufrufen zu können, benötigen Sie noch die zugehörige Test-ID. Diese wird Ihnen angezeigt, wenn Sie das Assessment noch einmal zum Bearbeiten öffnen (siehe auch Abschnitt Publizieren):

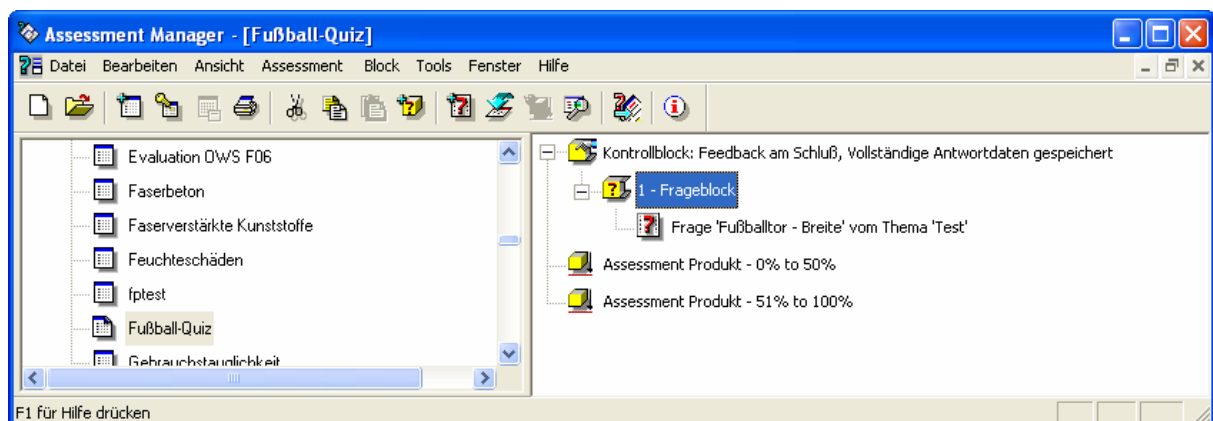


b) über die Installation auf dem Client-Rechner:

- b1) Starten Sie die Anwendung Assessment Manager auf ihrem Rechner. Dabei können Sie nun wählen, ob eine neue Datenbank erstellt werden soll. Sie können auch eine bestehende nutzen. Auch in diesem Fall spielt dies keine Rolle, da sie auch hierbei nicht direkt auf dem Testsystem arbeiten.



- b2) Über den Menüpunkt „Assessment – Neues Assessment“ starten Sie das Erstellen einer neuen Lernkontrolle.
- b3) Sie können zwischen drei verschiedenen Eingabemöglichkeiten wählen. Insbesondere Anfänger sollten den Weg über den Eingabeassistenten wählen.
- b4) Die folgenden Schritte sind vergleichbar mit denen bei der Eingabe über das Webinterface. (Achten Sie dabei insbesondere darauf, dass der Assessment-Manager auch mit der Fragendatenbank verknüpft ist, in der Sie ihre Fragen abgelegt haben. Unter dem Menüpunkt „Tools – Optionen“ können Sie dies überprüfen.) (...)
- b5) Eine fertig gestellte Lernkontrolle wird im Bearbeitungsmodus folgendermaßen angezeigt:



Zu beachten ist dabei vor allem der blau markierte „Frageblock“. Sie können mehrere Fragenblöcken in einen einzigen Test packen und zwischen den Blöcken Beziehungen definieren. Zum Beispiel könnten Sie bestimmen, dass ein bestimmter Frageblock nur angezeigt wird, wenn in dem Frageblock davor eine bestimmte Mindestpunktzahl erreicht wurde. Dieses Vorgehen ist vor allem dann notwendig, wenn die Lernkontrollen in ein adaptives System eingebunden werden sollen.

6. Publizieren

Wenn mit dem Webinterface gearbeitet wurde, sind die erstellten Lernkontrollen direkt auf dem Server verfügbar. Der im Beispiel erstellte Test kann auch von außerhalb des Systems aufgerufen werden, zum Beispiel über folgenden Link:

<http://130.83.45.5/q/open.dll?SESSION=5446303449535812&NAME=schmidt>

Anders verhält es sich mit Lernkontrollen, die auf einem Client-Rechner erstellt wurden. Solche Lernkontrollen können aus Sicherheitsgründen nicht direkt vom Autor auf den Server übertragen werden. Um eine solche Lernkontrolle publizieren zu können, muss diese mit Hilfe des Assessment-Managers in eine Zip-Datei gepackt werden, die dem Administrator des Testsystems, zum Beispiel via E-Mail, zu übermitteln ist. Dieser stellt die Lernkontrolle dann ins System. Sie kann dann nach dem gleichen Prinzip, wie oben dargestellt, aufgerufen werden.

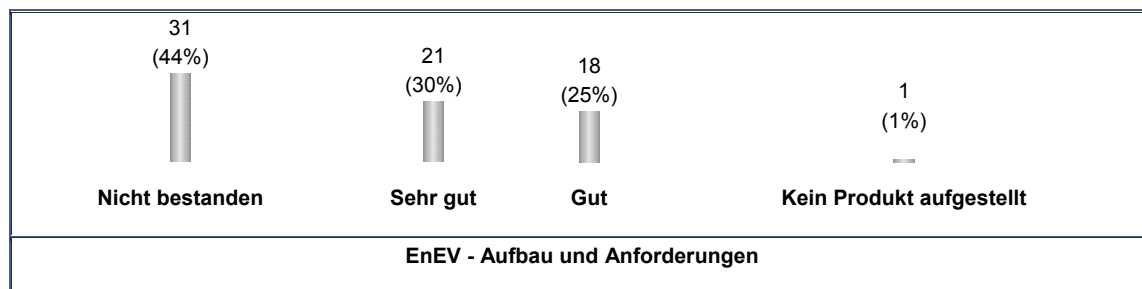
7. Analysen

Zur Auswertung der Testergebnisse einer Probandengruppe steht eine Reihe von so genannten Reports zur Verfügung, zum Beispiel der „Assessment Überblick Report“, der im Folgenden für die Lernkontrolle „EnEV – Aufbau und Anforderungen“ dargestellt ist.

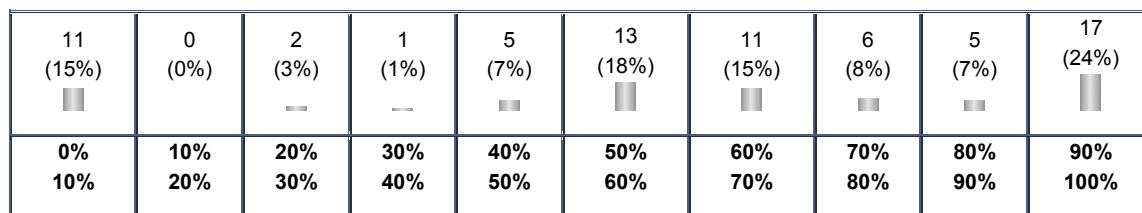
Assessment Überblick Report		Zurück	Home
Erstellter Report: Dezember 2, 2008 - 01:45		◀ Seite 1 von 1 ▶	
Filter für diesen Report			
Filter für Status :		Alles beendeten	
 EnEV - Aufbau und Anforderungen			
Assessmentname	EnEV - Aufbau und Anforderungen		

Assessment ID	5085107511034383
Autor des Assessments	OWS
Datum/Zeit zuerst abgelegt	August 30, 2007 - 13:27
Datum/Zeit zuletzt abgelegt	Dezember 1, 2008 - 15:42
Datum/Zeit zuletzt geändert	Oktober 16, 2006 - 14:28
Wie oft gestartet	60
Wie oft nicht beendet	0
Wie oft beendet	60
Niedrigste Bewertung	0
Höchste Bewertung	32
Durchschnittliche Bewertung	21,6
Kürzeste Zeit	0:00:13
Längste Zeit	0:32:00
Durchschnittliche Zeit	0:08:52
Standardabweichung für die, die abgeschlossen haben	8,7

Analyse der Ergebnisbereiche



Histogramm der Assessment Bewertungen - EnEV - Aufbau und Anforderungen



Thema Information	Durchschnittliche Bewertung
Fachplaner I\EnEV\Einführung in die EnEV\Aufbau und Anforderungen	68,6%
Fachplaner I\EnEV\Einführung in die EnEV\Energieausweise	0%

8. Kontakt / Hilfe

Wenn Sie mit dem Testsystem arbeiten wollen, bietet Ihnen diese Arbeitsanleitung einen ersten kurzen Überblick über die zur Verfügung stehenden Funktionalitäten und zeigt Ihnen wie einfache Testfragen und Lernkontrollen zu erstellen sind. Für eine intensivere Beschäftigung mit dem System, stehen zusätzliche detaillierte Anleitungen zur Verfügung. Auf jedem Fall sollten Sie sich mit dem Verein der Freunde des WiBA-Net e.V. in Verbindung setzen (Betreuer des Systems ist Bernd Schmidt).

Kontakt:

Bernd Schmidt

E-Mail: schmidt@geweb.de

Lebenslauf:

Persönliche Angaben:

Geburtsort: Marktredwitz

Geburtstag: 19.12.1973

Familienstand: ledig

Hochschulausbildung:

Okt. 1993 – Sept. 1996: Studium des Bauingenieurwesens an der TH Darmstadt

Okt. 1996 – Sept. 1997: Studium des Bauingenieurwesens an der TU München

Okt. 1997 – Dez. 2000: Studium des Bauingenieurwesens an der TU Darmstadt
Abschluss: Diplom-Ingenieur

Beruflicher Werdegang:

Apr. 2000 – Mrz. 2006: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Massivbau der TU Darmstadt

seit Apr. 2006: selbständig als Partner der Gesellschaft für Weiterbildung im Bauwesen (GeWeB) GbR